

Capítulo 6.

La Informática y la Gestión Integrada de los Sistemas de Alertas Tempranas dentro del Manejo Integrado de Zonas Costeras

José Ramón Cid Nacer

Instituto de Meteorología (INSMET), Santiago de Cuba (Cuba)

Celene Milanés Batista

Diana Pinto Osorio

José Ricardo Núñez Álvarez

Universidad de la Costa, Barranquilla (Colombia).

Resumen

El Capítulo presenta el desarrollo de un sistema informático capaz de mantener informada de forma eficaz a los tomadores de decisiones, y a la población en general, mediante el uso de un sistema de alertas por amenazas meteorológicas extremas. Para su diseño se realizó una investigación sobre los Sistemas de Alertas Tempranas (SAT) e instituciones de vigilancia de estos eventos en Cuba, así como, sobre la estructura del funcionamiento, descripción conceptual y formas de articulación de las tecnologías de la información. Se demostraron además los vínculos existentes entre los SAT y los programas de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC). Como resultado principal del capítulo se desarrolla una herramienta informática web que integra y visualiza múltiples alertas tempranas ante fenómenos climáticos extremos de corta y prolongada duración, contribuyendo a una adecuada gestión en la reducción del riesgo de desastres.

Para la Gestión Integrada de Sistemas de Alertas Tempranas (GISAT) se utilizan softwares libres. En el capítulo se describen las tecnologías Web, el vocabulario y soportes necesarios para el desarrollo de dicha herramienta, concluyendo que el mismo permite gestionar, visualizar, y enviar las distintas Alertas Tempranas a las diferentes instituciones municipales, provinciales y nacionales ante casos de eventos extremos. El GISAT, único en el país, se valida en la provincia de Santiago de Cuba. Su implementación potencia el monitoreo de fenómenos de larga duración como pueden ser sequías meteorológicas e hidrológicas, incendios forestales, entre otros fenómenos que conllevan a largos períodos de vigilancia y medidas constantes de adaptación y mitigación.

Introducción

El cambio del clima es una realidad que conlleva al recrudecimiento de los eventos extremos, al aumento de las temperaturas, máximas sequías y fuertes lluvias. Estos procesos tienen especial incidencia en los estados insulares, donde naciones como Haití, República Dominicana, Belice, Cuba, entre otras, son las más afectadas dentro de la región del Gran Caribe.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), considera que no hay duda de que los impactos del cambio climático en las islas pequeñas tendrán efectos negativos y graves para su desarrollo socioeconómico y el estado de sus recursos biofísicos. Como consecuencia de los efectos del cambio climático, algunos de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo pueden volverse inhabitables (CDKN, 2014),

El área de centro América y el Caribe es una zona de multiamenazas naturales, que necesita cada vez más de la gestión de riesgos para afrontarlas. Los desastres, en su gran mayoría están relacionados con fenómenos naturales peligrosos y extremos, como son los de origen hidrometeorológicos e hidrológicos. Estos peligros son desencadenantes de otros y cuentan entre los que presentan un mayor número de afectaciones registradas ante las continuas pérdidas económicas y en vidas humanas (IPCC, 2014).

Los escenarios del clima en Cuba hasta el 2100, demuestra que existe una variabilidad climática en cuanto a la formación de fenómenos hidrometeorológicos extremos, con prolongadas y frecuentes procesos de sequía, desplazamiento de la línea de costa en 3 km en zona bajas en las provincias orientales, y el deterioro progresivo de la zona marino-costera (Boudet, 2015).

En Cuba, el cambio del clima requiere atención y demanda medidas de adaptación que deben ser ajustadas en el transcurso del tiempo (Planos, 2014). En el archipiélago, un poco más del 10 % de los habitantes viven a una distancia entre 0 y 1000 m de la línea de costa. Algunas comunidades se ubican fundamentalmente en zonas bajas y, por ende, son vulnerables a los efectos de los eventos meteorológicos extremos que en los últimos años incrementan su frecuencia e intensidad producto de los citados cambios climáticos globales. Ciudades capitales, con más de 20 000 habitantes, también estarán afectadas por el aumento del nivel del mar (Moreno et al., 1998; Mitrani et al., 2012).

Los eventos de sequía han registrado un significativo incremento en su frecuencia e intensidad. Estos peligros propician el agotamiento de los suelos y la disminución de las aguas subterráneas. Se convierten en eventos más dañinos, aún si se acompañan de eventos posteriores como las intensas pre-

precipitaciones (Lapinel et al., 2006; Cutié et al., 2013). En los últimos años se ha observado un incremento en la formación de huracanes en el Océano Atlántico, así como de huracanes intensos (Ballester et al., 2009), aunque no todo puede ser atribuido al cambio climático.

Existen otros fenómenos que por su manifestación no dejan de ser igualmente peligrosos y que llevan largos periodos de monitoreo y adaptaciones constantes, siendo los más frecuentes la sequía, incendios forestales, contaminación atmosférica, influencias de condiciones climáticas específicas, para la aparición de enfermedades en animales y humanos, así como la proliferación plagas en los cultivos y animales. Estos peligros hacen muy vulnerables el desarrollo de países económicamente débiles, en donde la prevención y adaptación ante estos fenómenos puede disminuir grandes pérdidas económicas y humanas.

En la nación cubana surgió un Sistema de Alertas Temprana Hidrometeorológico (SATH), tras el paso del huracán Sandy ocurrido el 25 octubre del 2012 (Milanés, 2015). Este evento causó severos daños en algunas provincias orientales, con especial énfasis en Santiago de Cuba, donde su infraestructura urbana y el fondo habitacional resultaron fuertemente dañadas.

El SATH surge primeramente con el aporte de información suministrada por las instituciones de forma vertical y, en algunos casos, horizontalmente. Luego, entre los años 2017 y 2018, el sistema se perfecciona gracias al financiamiento recibido por parte de la Unión Europea y la agencia del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el cual se aplicaron varios proyectos con objetivos comunes y una salida unificada e integrada que conduce a la creación del llamado Sistema Integrado de Gestión de Alertas Tempranas (GISAT).

Posteriormente, el Sistema de Alertas Temprana Hidrometeorológico es implementado en las provincias centrales, con otras bondades y mediante el nombre de Forsat (Fortalecimiento del Sistema de Alertas Temprana Hidrometeorológico). Este sistema constituyó otra propuesta dirigida a optimizar la efectividad de los SAT ante eventos hidrometeorológico y al peligro de inundaciones producto de las intensas lluvias, en áreas vulnerables de las cuencas de los ríos Zaza y Agabama en las provincias de Sancti Spíritus y Villa Clara (Herrera, 2017).

Los SAT, son uno de los principales elementos para la reducción de desastres. Los sistemas de alertas, para ser eficaces, deben incluir activamente a las comunidades en riesgo, facilitar la educación y la concientización del público sobre las amenazas, disseminando de manera eficaz mensajes y alertas y garantizando una preparación constante.

En Cuba, cada día se abren nuevas oportunidades para la navegación en la Internet, abaratando sus costos y permitiendo que un amplio sector de Instituciones y población en general accedan a este servicio. La pronta utilización de la 3G en Cuba en los teléfonos celulares y el nauta hogar, acercará cada vez más la navegación a los usuarios, permitiendo contar con internet todo el tiempo en los celulares y en las casas, así como la recepción de mensajes cortos (SMS) con un bajo costo en su envío. De igual manera, el uso cada vez más frecuente de las redes sociales, la convierte en un instrumento alternativo de divulgación de información muy eficaz, como lo demuestra la estadística sobre la navegación en Cuba.

En el proceso de informatización de la sociedad cubana, la generación de contenido para la red nacional, con instituciones de vigilancias en tiempo real, confiables y oportuna, hace de los Sistemas de Alertas temprana por sistema web, una herramienta valiosa ante la ocurrencia de un peligro asociado a un fenómeno climático extremo. Actualmente se realizan sinergias entre todos los proyectos cubanos aplicados con financiamiento de agencias internacionales tales como:

1. Sistema de Alertas Tempranas Hidrometeorológico (SATH), Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Unión Europea (UE).
2. Suma Tu Gota, Fortalecimiento de la resiliencia de familias y grupos vulnerables afectados por la sequía en Santiago de Cuba, PNUD, Fondos para los Objetivos de desarrollo Sostenible (ODS) (SDGF 2017; Rolo 2016).
3. Fortalecimiento de las capacidades nacionales y locales de gestión de riesgo de desastre, e incremento de la resiliencia comunitaria para reducir el impacto de los eventos extremos en la Seguridad Alimentaria, ODS y Programa Mundial de Alimento (PMA) (WFP 2016).
4. Pon tu Ficha, hacia un manejo Integral de la Sequía en Cuba, PNUD, ODS y Cooperación Española.

Estos proyectos internacionales, contribuyen con el desarrollo de la alta tecnologías aplicadas en diferentes instituciones y centros de investigación. Favorecen el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia y el procesamiento y modelación de eventos atmosféricos. A pesar de estas ventajas, los citados proyectos presentan como principal debilidad, que no logran diseminar las Alertas que son analizadas y procesadas en estas instituciones de forma oportuna. Tampoco permiten que la población expuesta al peligro, conozca el contenido de las alertas. De igual forma, los diferentes Sistemas de Alertas Temprana no están integrados ni son del conocimiento de los órganos decisores e instituciones involucradas que intervienen en los mismo, lo cual impide agilizar la toma de decisiones y la prevención oportuna.

En el Centro Meteorológico Provincial de Santiago de Cuba, han sido creadas las capacidades tecnológicas con vista a fortalecer e integrar los Sistemas de Alertas Tempranas. Sin embargo, hoy se necesita en Cuba la creación de una herramienta informática que sea capaz de integrar y distribuir las alertas temprana a las diferentes instituciones con competencia hacia los órganos decisores y hacia la población en general. Este capítulo muestra cómo resolver este problema mediante el diseño de una herramienta informática web, capaz de integrar, gestionar y distribuir múltiples alertas tempranas de fenómenos climáticos extremos, de corta y prolongada duración, que contribuya a minimizar los riesgos asociados a estos fenómenos favoreciendo la pronta y oportuna intervención de los órganos decisores y de la población.

El capítulo se divide en tres fases, en una primera se analiza el estado del arte sobre los fundamentos, estructuras y aplicación teórica y conceptual de las Alertas Tempranas y la reducción de riesgos, utilizando las herramientas web. En la segunda fase se identifican los criterios y patrones que intervienen en la generación de las alertas ante eventos climáticos extremos de corta o larga duración. En la tercera se diseña la herramienta informática web, integrando los SAT mediante el uso de tecnologías libres.

Materiales y métodos

En la realización del trabajo se aplicaron diferentes métodos de la investigación científica como herramientas importantes para cumplir el objetivo propuesto. Dentro de los métodos empleados están: 1) el método de análisis y síntesis, utilizado para identificar las estructuras, conceptos, y definiciones, que caracterizan los Sistemas Integrados de Gestión de Alertas Tempranas (GISAT), sirviendo de base para el diseño de la herramienta propuesta, así como para identificar las relaciones existentes entre el MIZC, las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y los Sistemas de Alertas.

El Método histórico-lógico permitió analizar la evolución de los Sistemas Integrados de Alertas Tempranas, y su impacto en la gestión de emergencias en la sociedad actual, en los ámbitos internacional y nacional, permitiendo lograr una vinculación directa con los objetivos planteados mediante el avance de las nuevas tecnologías. El método deductivo se empleó en el análisis de nuevas Alertas Temprana basada en patrones atmosféricos, fundamentalmente en la aparición de plagas y enfermedades humanas.

Finalmente se empleó la técnica de la entrevista. Se realizaron 12 entrevistas a los investigadores, 9 a especialistas y 12 a los decisores y representantes de la Defensa Civil de la provincia de Santiago de Cuba, los cuales trabajan diariamente en los SAT y en el uso de herramientas web como métodos de integración.

Resultados

Sobre los Sistemas de Alertas Tempranas.

La aparición de desastres y sus consecuencias producto de fenómenos naturales altamente peligrosos, difíciles de prevenir y controlar, han predominado durante mucho tiempo en distintas regiones vulnerables. Sus consecuencias generan la necesidad de formular políticas y acciones dirigidas a la reducción del riesgo, la prevención y atención de las emergencias en el momento en que éstas ocurren. A pesar de esto, muchas de estas políticas y acciones son insuficientes para disminuir los daños y pérdidas resultantes del impacto de la amenaza (www.mysciencework.com).

Cuando se produce un desastre, en general, los gobiernos intentan salvar la mayor cantidad de vidas y evitar pérdidas y sufrimientos. Desde hace mucho tiempo se conoce que es mucho más efectivo evacuar a la población antes de que ocurra un fenómeno extremo como una inundación, que rescatar a los damnificados o socorrerlos durante la catástrofe. Del mismo modo, es más efectivo ayudar a campesinos y agricultores a encontrar medios de sustento alternativos, que distribuirles ayuda alimentaria cuando la cosecha no ha sido buena (www.climatecentre.org). Cada vez más, son destinados numerosos recursos para desarrollar Sistemas de Alertas Tempranas, centrados en darle solución a las personas, de modo tal, que la acción temprana de preparación y mitigación-prevención pueda hacer frente a los riesgos climatológicos que se producen a causa del cambio climático (www.ifrc.org, 2006-2010).

Una alerta temprana carece de efectos si no cuenta con la movilización previa de todos los actores de la sociedad, ejemplo de ellos fueron el huracán Katrina en EU, y Sandy 2006 en el Oriente de Cuba. La sequía meteorológica en la región oriental y especialmente en Santiago de Cuba, con una repercusión directa en la agricultura, provoca crisis alimentaria en la región. Muchas veces, aunque se cuente con información confiable sobre estas amenazas, no se puede evitar un desastre.

Los sistemas de alertas tempranas pueden perder su valor si no son bien recibidos, comprendidos e interiorizados por quienes deben manejarlos y dar respuestas de actuación. Las nuevas fuentes de información científica, nos brindan múltiples oportunidades, pero también plantean diferentes interrogantes asociada al conocimiento de los tipos de peligro.

Las Alertas Tempranas radican en la identificación y evaluación oportuna de las nuevas y viejas (o ya conocidas) amenazas ambientales que en el largo plazo afectan negativamente a las personas, los ecosistemas y los servicios ambientales que éstos proporcionan. En la División de Evaluación y Alertas

Tempranas para América Latina y el Caribe (DEAT-ALC), se analizan las amenazas ambientales como la degradación ambiental, los conflictos socio-ambientales y las amenazas acumulativas, recién descubiertas o proyectadas que aumentan la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas (www.pnuma.org, 2018).

En Cuba, las Alertas Tempranas son un instrumento de prevención. Ellas están basadas en la aplicación sistemática de procedimientos estandarizados de análisis y procesamiento de datos relativos a situaciones meteorológicas potencialmente desastrosas y están destinadas a alertar a los que toman decisiones y establecen las políticas para la adopción a tiempo de medidas que conlleven a mitigar y/o reducir los desastres (Rubiera et al., 2017).

La implementación de los Sistemas de Alertas Tempranas (SAT), como estrategia para reducir los efectos de la variabilidad climática, cobra cada vez más relevancia, y aunque existe abundante información, ésta en muchos casos se encuentra dispersa, aislada, incompleta y no es asequible.

El desarrollo de los SAT se inició en 1960, cuando la Organización de las Naciones Unidas comenzó a adoptar un sistema de medidas adecuadas para dar respuestas a la minimización de riesgos, pero no fue hasta 1970, con la resolución 2717 de la ONU, se planteó formalmente la necesidad de desarrollarlos. Posteriormente, en 1989, y con el fin de reducir los daños causados por eventos catastróficos ya ocurridos, se estableció la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales de 1990 al año 2000 (IDNDR, 1989).

A partir de ese momento aumenta el interés por los SAT y se realiza la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres Naturales en el año 1994, en la cual se establecen las directrices para la prevención, preparación y mitigación de los desastres naturales. En 1999 las Naciones Unidas adopta la resolución 54/219 y se da inicio a la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres. Finalmente, en el año 2005, durante la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, se establece un plan de acción conocido como el Marco de Acción de Hyogo, el cual define prioridades para la gestión del riesgo (UNISDR, 2013).

El Manejo Integrado de Zonas Costeras y los Sistemas Integrados de Gestión de Alertas Tempranas

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, se recomienda al MIZC como un marco apropiado para responder asuntos globales derivados de las relaciones entre la sociedad y el medio marino-costero. En ese mismo escenario, se insta a todas las naciones con frente litoral, a adoptar planes de manejo integrado costero. Con el paso del

tiempo se ha demostrado que, en varios países, tales programas de gestión integrada han añadido prosperidad económica y social a muchas comunidades costeras (Clark, 1996).

La aplicación de un programa de MIZC, no sólo va aparejado de la voluntad política, se requiere también de bases científicas profundas para su concepción y desarrollo, todo en el marco de un enfoque holístico de los asuntos marinos y costeros que deben ser gestionados, y con mecanismos de comunicación y coordinación entre individuos, instituciones de los diversos países (García, 2003).

Para lograr el desarrollo sostenible de las naciones insulares y costeras, es fundamental desplegar un conjunto de acciones que disminuyan los niveles de riesgo, pasando esta reducción de riesgo a formar parte intrínseca del desarrollo (Lavell, 1996). El riesgo costero es un componente clave en programas de MIZC. Su estudio debe ser parte del proceso de planificación y toma de decisiones antes, durante y después de la existencia de una emergencia determinada por una amenaza específica.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) plantea que los desastres no pueden evitarse. La evaluación integrada de los riesgos y las alertas tempranas pueden ayudar a minimizar sus efectos devastadores (Jarraud, 2006). Es por ello que el abordaje de los riesgos costeros dentro de una estructura MIZC, provee el marco apropiado para el desarrollo de las estrategias y programas de gestión de riesgos en los espacios costeros (Cabrera et al., 2009). Las alertas y los Sistemas de Alertas dentro de estas estructuras, proporciona el marco apropiado para el desarrollo de estrategias y programas de gestión.



Figura 1. Etapas o componentes de un SAT.

Fuente: NOAA, 2012, adaptado por David, 2016.

El SAT se conceptualiza como el conjunto de dispositivos y capacidades necesarias que permite identificar, generar y difundir una alerta oportuna, avisando con antelación sobre la posibilidad de ocurrencia de un evento de origen natural que pueda desencadenar un desastre, con el fin de evitar o mitigar sus impactos (Ocharan, 2007; OEA, 2010;). De acuerdo con la United Nations International Strategy for Disaster Reduction–, un SAT comprende cuatro elementos fundamentales: 1) conocimiento del riesgo; 2) monitoreo, análisis y pronóstico de la amenaza; 3) comunicación o difusión de las alertas y los avisos; y, 4) capacidades locales para responder frente a la alerta recibida, (UNISDR, 2009) (Figura 1).

Los Sistemas de Alertas Temprana han evolucionado. En su desarrollo, Basher (2006) ha identificado las siguientes cuatro etapas.

1. Los sistemas pre-científicos, que se basan en las primeras observaciones sobre fenómenos simples como la forma de las nubes, el estado del océano o la visibilidad de las estrellas.
2. Los SAT ad hoc, que son sistemas específicos desarrollados por iniciativa de científicos o personas interesadas en el tema del riesgo.
3. Los SAT desarrollados por los servicios meteorológicos, que implican una entrega organizada, lineal y unidireccional de los productos de la alerta a los usuarios por parte de los expertos.
4. El SAT integral, el cual vincula todos los elementos necesarios para la advertencia temprana y la respuesta eficaz, e incluye el papel del elemento humano del sistema y la gestión de riesgos.

De los cuatro SAT descritos, el SAT Integral es el que logra la articulación de actores claves y necesarios ante la ocurrencia de un determinado tipo de peligro, así como la adopción de medidas necesarias para su mitigación.

En Cuba existen distintos Sistemas de Alertas Temprana que se articulan de forma individual ante la ocurrencia de fenómenos climáticos peligrosos, todos usan como herramienta de divulgación los medios de difusión como la televisión y la radio, lo que hace de las tecnologías web una herramienta indispensable como forma de masificar la información.

Fundamento legal en Cuba para los Sistemas Integrados de Gestión de Alertas Tempranas y el uso de las tecnologías web

El artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba plantea:

El Estado protege al Medio Ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar ésta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y de todo el uso potencial de la naturaleza (Citma, 2007).

Por otra parte, la Ley 81 de Medioambiente de 1997 y el Decreto Ley 212 de Gestión de la zona costera de 2010, establecen como Autoridades Responsables al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente como el Organismo de la Administración Central del Estado encargado de proponer la política y las estrategias de manejo integrado de la zona costera, así como de organizar, dirigir y controlar, según proceda, la gestión ambiental necesaria a esos fines, en coordinación con los órganos y organismos competentes y sin perjuicio de las atribuciones y funciones que a éstos correspondan (www.gacetaoficial.gob.cu, 2018; www.medioambiente.cu).

La creación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), fue adoptada en la Duodécima Conferencia de Directores de la Organización Meteorológica Internacional (OMI), reunida en Washington en 1947. Aunque el Convenio entró en vigor en 1950, la OMM inició sus actividades efectivas como sucesora de la OMI en 1951, y, a finales de ese año, quedó establecida como organismo especializado de las Naciones Unidas por acuerdo concertado entre las Naciones Unidas y la OMM, (www.wmo.int, 2018). Las 400 resoluciones reflejaban el amplio espectro de temas que se habían examinado en las reuniones de las comisiones técnicas y regionales en Toronto. Dentro de estos temas se encuentran: las claves en las unidades, diagramas, símbolos, instrumentos, métodos de observación, redes de estaciones, telecomunicaciones, la seguridad de la navegación aéreas, estadísticas climatológicas, publicaciones, documentos, educación, formación profesional, investigación en meteorología, cuestiones jurídicas y administrativas, entre otras. Asimismo, en el marco de ese encuentro se debatió la relación entre la OMI y la Organización de Aviación Civil Internacional (public.wmo/en, 2018).

Cuba, es miembro desde el 4 de marzo de 1952 de la Región IV de la Organización Meteorológica Mundial, dentro del área de América del Norte, América Central y Mar Caribe. Como consecuencia de esto y bajo la Resolución 106/1999 fue creado el Instituto de Meteorología (INSMET), rectorado

por la Agencia de Medio Ambiente, perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, con una sede central en el Habana. Forman parte de ella 13 Centros Meteorológicos Provinciales, incluyendo al municipio especial Isla de la Juventud, una red de 69 Estaciones Meteorológicas y 7 Radares, todos distribuido a lo largo del país. Según recoge esta resolución, el INSMET tiene la misión de aportar información meteorológica y climática confiable, autorizada y oportuna sobre el estado y comportamiento futuro de la atmósfera. Esta información está dirigida a velar por la seguridad de la vida de la población y a reducir pérdidas materiales ante desastres naturales de origen hidrometeorológico, así como a contribuir en el bienestar de la comunidad y el desarrollo sostenible.

El Director General del INSMET es Representante permanente de Cuba ante la OMM. Para cumplir su misión, el Instituto de Meteorología opera el Servicio Meteorológico como Sistema Nacional y, lleva a cabo un amplio plan de investigaciones para perfeccionar el propio servicio y contribuir al desarrollo de los conocimientos científicos de la meteorología (www.gacetaoficial.gob.cu, 2018; Citma, 1999).

Ante la ocurrencia de un peligro debido a algún fenómeno climático extremo, en Cuba se cuenta con la Ley 75 de la Defensa Nacional, que entre sus Artículos como el número 111, se establece que la Defensa Civil es un sistema de medidas de carácter estatal, con el propósito de proteger a la población y la economía nacional en caso de desastres naturales y, que se organiza en todo el territorio nacional. De igual forma, en el artículo 114 de esta ley, se establece que el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EEMNDC) es el órgano oficial que tiene la misión de velar porque se cumplan las medidas de la Defensa Civil, las normas y convenios internacionales relativos a la protección civil de los que Cuba forma parte, así como de coordinar programas de cooperación y ayuda internacional en casos de eventos catastróficos. Al mismo tiempo que recoge en su capítulo III, sección primera de los artículos del 24 al 29, la Constitución del Consejo de Defensa Nacional, que será presidido por el Presidente del Consejo de Estado y, en la sección segunda, de los Artículos del 28 al 33 la constitución, de los Consejos de Defensa Provinciales y Municipales (www.gacetaoficial.gob.cu, 2018).

Esta propia Ley establece en su Artículo 115 que los presidentes del poder popular provinciales y municipales, tienen la responsabilidad de dirigir la defensa civil en sus respectivos territorios y, son los encargados de implementar las medidas prioritarias que necesariamente se deben cumplir en aras de la protección de los bienes de la población y la economía. La ley establece que todas las medidas tendrán que ser coordinadas, ejecutadas y

chequeadas por instituciones estatales, económicas y sociales, con la participación plena de toda la población, apoyado para su trabajo en los órganos de la defensa civil de los estados mayores provinciales y municipales. De igual forma, la ley recoge en su artículo 116 las medidas de la Defensa Civil que se deben cumplir para la protección de la población y, en su inciso a se explica sobre la organización y la transmisión del aviso a la población en caso de eventos climatológicos (www.gacetaoficial.gob.cu, 2018).

En el mes de mayo del 1997, amparado en el artículo 5 de la Ley 75 de la Defensa Nacional, el sistema se perfecciona con la aprobación del Decreto Ley 170. Este decreto brinda la posibilidad de desplegar un sistema de medidas para que la defensa civil pueda prever y minimizar las posibles afectaciones ante la ocurrencia de desastres naturales u otros tipos de catástrofes que ocasionan al país enormes pérdidas humanas, materiales y otros daños sociales, económicos y ambientales. Paralelamente, se potencia la labor de las Fuerzas Armadas Revolucionaria (FAR), ya que este organismo cuenta con la preparación y los medios necesarios para enfrentar catástrofes de diversas magnitudes.

En el artículo 12 del citado Decreto ley, se expresa que el Jefe del Ejército es la autoridad coordinadora del cumplimiento del sistema de medidas de defensa civil en el territorio. Apoyado por jefes y oficiales, es el encargado de organizar y coordinar en su territorio, así como de prestar ayuda a los otros jefes provinciales y municipales de la Defensa Civil para cumplir las medidas establecidas por el Ministro de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, el Jefe del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, y los jefes de la Defensa Civil a los distintos niveles (www.gacetaoficial.gob.cu, 2018).

Entre otras modificaciones que aporta este decreto, están su artículo I el inciso c) y el artículo 13, los cuales enuncian el establecimiento de las fases para la protección de la población y de la economía en caso de eventos de desastres naturales u otros tipos de catástrofes, o ante la inminencia de estos. Estas fases estarán en correspondencia con el peligro que representa un evento climático extremo y pueden variar en dependencia del fenómeno en cuestión. Cada una de estas fases tiene sus particularidades por tipo de peligros como los ciclones, incendios, sequía, sismos, peligros radiológicos, derrames de hidrocarburo, entre otros. De forma general éstas fases están dividida de la siguiente forma:

1. *Fase Informativa:* Se establece cuando se calcula que vientos con fuerza de tormenta tropical afectarán al territorio nacional en un plazo entre 36 y 72 horas para depresiones y tormentas tropicales; entre 48 y 72 horas para huracanes categorías 1 y 2 y, entre 60 y 72 horas para huracanes de gran intensidad, (Ver figura 2).

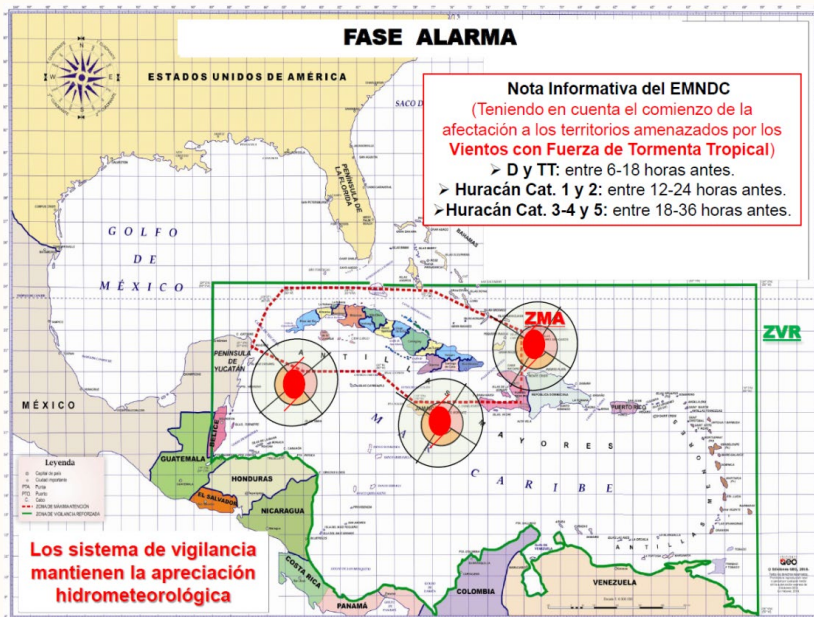
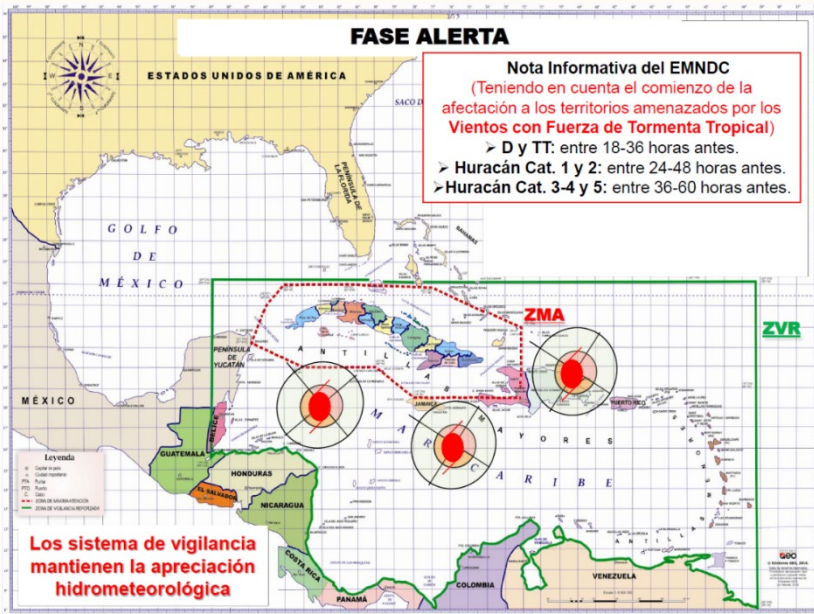


Figura 3. Fase de Alerta. Figura 4. Fase de Alarma, articulación del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales.

Fuente: Procedimiento País, TCor. (R), Cobas, 2018.

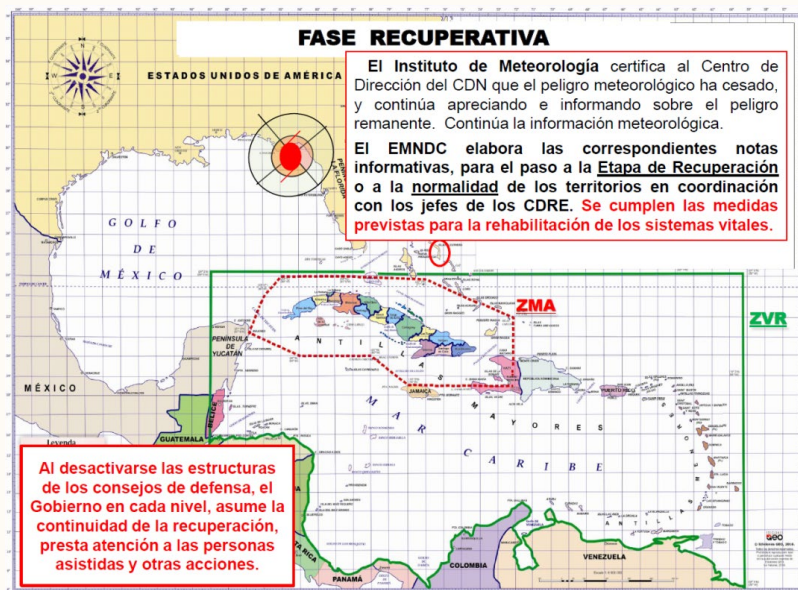


Figura 5. Fase Recuperativa, articulación del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales.

Fuente: Procedimiento País, TCor. (R), Cobas, 2018.

En el Decreto-Ley No. 204 del 11 de enero del año 2000, se le otorgan las competencias al Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, sobre las diferentes tareas y funciones para rectorar y desarrollar los procesos informáticos y tecnológicos. También ofrece a la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A, (ETECSA), exclusividad para prestar los servicios públicos de transmisión de datos y conducción de señales, nacional e internacional, en virtud del Decreto 190 de fecha 17 de agosto de 1994, el cual es adoptado por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros (CECM). Estas funciones desde el 1976 se venían desarrollando en el país por diferentes organismos, (MIC, 2018).

Según establece la resolución 156/2011 del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, en unos de sus por cuanto se expone que la banda de 5 725 a 5 825 MHz es adecuada para el desarrollo de redes de área local por radio (RLAN). Con vista a satisfacer las necesidades de comunicaciones internas de diversas entidades en el país, para habilitar cualquier banda de frecuencia de red privadas de datos de alcance provincial en la frecuencia de 5 GHz, el Centro Meteorológico Provincial CMP, debe solicitar a la Agencia de Control y Supervisión del Ministerio de la Informática y las Comu-

nicaciones (ACS), la autorización para cada una de esta radio base. Esta solicitud debe recoger la identificación de la entidad solicitante, una descripción general de la red que pretende instalar los datos técnicos y de explotación del equipamiento. De igual forma se establece que la potencia máxima de salida que no debe superar los 30 dBm (1W) (MIC, 2011).

Aplicaciones web y los tipos de Alertas, como formas de reducción del riesgo costero

Según el Índice Global de Riesgo Climático (IGRC, 2015), las diferentes naciones de América Latina y el Caribe son las más afectadas por amenazas climáticas extremas. Países como Honduras, Nicaragua, República Dominicana, Guatemala, México, Argentina, Cuba, Ecuador, Bolivia y Colombia son los más afectados. En el 2018 el IGRC reconoce a la isla de Cuba como la más poblada a nivel mundial.

En nuestra región existen diferentes Sistemas de Alertas Tempranas por web, la mayoría de ellos están enfocados en determinados eventos extremos, pero no contemplan todas las aristas del peligro como los relacionados con el conocimiento de los diferentes factores y actores de la sociedad y su rol ante la ocurrencia de los eventos de esa naturaleza.

Un ejemplo de buena práctica está presente en el área Metropolitana de Barranquilla, donde se implementó un Sistema de Alertas Tempranas (SAT) por web para la reducción del riesgo de inundaciones súbitas y fenómenos atmosféricos, siendo este un prototipo experimental de un Sistema de Alertas Tempranas que permite entregar datos importantes en tiempo real a la ciudadanía sobre el nivel, caudal, y fuerza de empuje del arroyo "La Brigada", e indicar su nivel de peligrosidad. Estos datos pueden ser visualizados en una plataforma web para que la ciudadanía tome las medidas preventivas frente a la amenaza de dicho arroyo (Acosta, 2013).

En el Salvador y Honduras el Sistema de Alerta Temprana para Centroamérica SATCA tiene como propósito fundamental, fortalecer la capacidad de anticipar posibles amenazas naturales de la región centroamericana, para mejorar la preparación, mitigación y respuesta humanitaria. Con este propósito, SATCA fortalece los sistemas de alertas tempranas a través de una plataforma Web regional dedicado al monitoreo de posibles amenazas naturales (www1.wfp.org, 2012; www.oas.org, 2007).

Existen otros factores que deben ser mejorados para que un Sistema Integrado de Alertas por web, logre la reducción efectiva del riesgo ante un peligro. En el Programa Mundial de Alimento (PMA) se incluyen los siguientes factores:

- La multiplicidad de fuentes de información. Actualmente la información de alerta temprana para posibles amenazas naturales en la región proviene de varias fuentes, incluyendo las instituciones científicas responsables del monitoreo a nivel nacional, y las instituciones locales responsables de emitir alertas. En este contexto, el acceso a los sistemas de alertas tempranas, por los responsables de planificar, preparar y responder a los desastres se convierte en un reto, tanto en tiempo como en esfuerzo y coordinación (www1.wfp.org, 2012; www.oas.org, 2007).
- El carácter regional de los fenómenos naturales. La mayoría de las amenazas naturales tienen características y un impacto regional que no se limita a las divisiones político-administrativas entre países, este es el caso de los huracanes, las inundaciones y sequías, por tanto, es imperativo el intercambio de información, alertas y boletines entre el personal humanitario (www1.wfp.org, 2012; www.oas.org, 2007).

En Cuba existen varios centros de investigaciones cuya misión es la vigilancia y las emisiones y articulación de los Sistemas las Alertas Temprana, algunos poco cuentan con páginas web para emitir determinados tipos alertas en tiempo real. Además, la información aportada en estas, en la mayoría de los casos, es de carácter general o de divulgación comercial e institucional. El país está sometido a múltiples peligros, algunos con mayor o menor incidencia, pero la mayoría provocan grandes pérdidas económicas, y los últimos ocurridos lamentablemente han provocado pérdidas de vidas humanas, dentro de estos peligros explicaremos los que inciden mayormente en Cuba.

Ciclones Tropicales: Es un ciclón de escala sinóptica (escala horizontal de 1000 a 4000 kilómetros), sin frentes asociados, que se desarrolla sobre aguas tropicales o subtropicales y, que tiene en superficie una circulación organizada y definida. En el hemisferio norte, sus vientos giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj (www.vanguardia.cu). Los ciclones tropicales se clasifican en la AR IV de la OMM por la velocidad de sus vientos máximos sostenidos promediados en 1 minuto. La clasificación acordada en la región y la terminología es la de depresión tropical, tormenta tropical y huracán, (Rubiera et al., 2017). Estos sistemas son nombrados “ciclón” en regiones del Océano Índico. En el Océano Pacífico sur, así como en el Océano Atlántico occidental y en el Océano Pacífico oriental, suelen nombrarse como “huracán”, mientras que en el Océano Pacífico occidental se nombran “tifón”. Los huracanes en el Caribe y tifones en el Mar de China son el mismo tipo de tormenta que los ciclones tropicales (IFRC, 2017).

De igual forma, el primer estadio del ciclón lo constituyen las depresiones subtropicales. Estas depresiones tropicales, cuentan con vientos que describen una circulación del ciclón definida y pueden alcanzar una velocidad máxima media (media en 1 minuto) hasta 62 km/h (38 millas por hora) (33 nudos) o menos (OMM/DT, 2013). Los ciclones tropicales se clasifican, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), como se muestra en la Tabla 1. En su diferenciación interviene la velocidad de sus vientos máximos sostenidos promediados en 1 minuto. La clasificación acordada en la región es la de Depresión Tropical, Tormenta Tropical y Huracán. Para el Huracán se emplea la escala Saffir-Simpson de 5 categorías (OMM/DT, 2013).

Tabla 1.

Clasificación de fenómenos hidrometeorológicos según la Organización Meteorológica Mundial

Categorías	Vientos máximos sostenidos (promedio en un 1 minuto)	Daños estimados
Cat 1	119-153 km/h	Mínimos
Cat 2	154-177 hm/h	Moderados
Cat 3	178-208 km/h	Extensos
Cat 4	209-251 km/h	Extremos
Cat 5	>=252 km/h	Catastróficos.

Fuente: Organización Meteorológica Mundial, 2012.

Sequía: Wilhite y Clannitz (1985), detectaron más de 150 definiciones de este tipo, categorizándola en cuatro grupos, según la disciplina científica desde la que se analiza el fenómeno. Estas son: 1) sequía meteorológica, 2) sequía hidrológica, 3) sequía agrícola, y 4) sequía socioeconómica.

Existen clasificaciones un poco menos complejas como la de (Sudene, 1999), que desecha el término meteorológico y divide la sequía en hidrológica, agrícola y efectiva, esta última, equivalente a la socioeconómica. Subrahmanyam en 1967, distingue hasta seis tipos de sequías (meteorológica, climática, atmosférica, agrícola, hidrológica y de gestión hídrica). Sin embargo, ninguna de ella aporta información conceptualmente mejor sustentada que la propuesta de Wilhite y Glantz en 1985.

El Vocabulario Meteorológico Internacional define la sequía en su acepción más común, como: «un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitaciones cause un grave desequilibrio hidrológico» (OMM, 1992). Un

aspecto importante a considerar es que la sequía se desarrolla de forma gradual porque comienza y termina de manera no bien definida, afectando a las poblaciones y a la economía de forma diferente. En este caso el único denominador común en la diversidad de definiciones es la «escasez de precipitación» (Centella et al., 2006).

La sequía meteorológica: está basada en datos climáticos confiables. Es una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un periodo de tiempo determinado, ante la dificultad de establecer una duración y magnitud del déficit pluviométrico válido para diferentes áreas geográficas. En algunos casos, la definición de sequía meteorológica es específica para cada región y varía en función de las características del clima regional. Es imposible extrapolar una definición de sequía de una región a otra, por ejemplo:

- Indonesia (Bali) Periodo de seis días sin lluvia (Hudson y Hazen, 1964),
- España, se considera un año seco cuando se experimenta una reducción con respecto a la media anual, Cantábrico entre 15-25%, Guadalquivir, 20-25,
- Gran Bretaña, periodos de al menos 15 días consecutivos con precipitación diaria inferior a 0.25 mm (Goudi, 1985).

Sequía Agrometeorológica: en la agricultura adquiere una especial relevancia por ser el primer sector económico que resulta afectado por la escasez de precipitaciones. Una sequía agrícola se produce cuando no hay suficiente humedad en el terreno o suelo y por tanto no se permite el desarrollo de un cultivo determinado en cualquiera de sus fases de crecimiento. Como la cantidad de agua para cada cultivo es muy diferente, e incluso varia a lo largo del crecimiento de una misma planta, no es posible establecer umbrales de sequías agrícolas válidos para un área geográfica determinada. A pesar de esto, el científico Kulik (1962), se arriesga y define la sequía agrícola como el periodo durante el cual solo hay 19 mm de agua disponible en los primeros 20 cm del suelo (Marcos, 2001).

Intensas lluvias: Precipitación que produce acumulados de 100 mm o más en un periodo de 24 horas o menos; o 50 mm o más en 12 horas o menos, no obstante, también se consideran Lluvias Intensas aquellas que estén asociadas a un sistema de escala sinóptica y que ocurran sobre un área extensa, no inferior a 400 km². Los valores aislados que cumplan con los valores mencionados, no serán considerados como lluvias intensas según el Manual de Procedimiento Operacional para Fenómenos Peligrosos (MPO FMP INSMET; PO INSMET, 2018).

Inundaciones: es el resultado generado por el flujo de una corriente de agua. Cuando esta sobrepasa las condiciones normales y alcanza niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen. Su efecto deriva en los daños que estas aguas desbordadas ocasionan en zonas urbanas, tierras productivas y en valles y sitios bajos. En dependencia de los sitios donde se producen las inundaciones, estas pueden ser denominadas como: costeras, fluviales, lacustres y pluviales. También estas dependerán de cómo se registren en las costas marítimas, y en zonas aledañas a los márgenes de ríos y lagos, o en terrenos de topografía llana por lluvias excesivas o por inexistencia o defecto del sistema de drenaje. En los niveles de inundación influyen no solo las precipitaciones, sino también el grado de saturación que tiene el suelo, así como el número de días que llueve (DC cubana, 2018).

Inundaciones Costeras: Acumulación del agua del mar en zonas bajas del litoral, que ocasionan inundaciones en áreas costeras aledañas con menor o mayor intensidad. El origen de este tipo de inundación se vincula a fenómenos meteorológicos como los ciclones tropicales y las bajas extra tropicales que producen un fuerte oleaje y en ocasiones surgencia, que provoca la elevación del nivel del mar y la consecuente afectación a instalaciones y viviendas en las zonas costeras. En los años que ocurren los eventos ENOS, el valor de la altura del mar puede aumentar hasta 4 cm por encima del nivel normal (DC cubana, 2018).

Para su clasificación general, como se muestra en la Tabla 2, se utiliza la clasificación que se encuentra definida en el “Sistema de Información y Referencia de las Inundaciones Costeras Ocurrecidas en el Tramo Costero entre Punta Gobernadora y Punta Maya, Costa Norte de la Región Occidental de Cuba” (Pérez et al., 2001).

Tabla 2.
Clasificación de las Inundaciones Costera.

Inundación costera	H (metros)
Ligera	$3.0 < H \leq 4.0$
Moderada	$4.1 < H \leq 5.0$
Severa	$H > 5.0$

Leyenda: *H = altura de la ola significativa. Se define como la altura media del tercio mayor de todas las olas observadas.*

Fuente: OMM, 2012.

Otra clasificación de las inundaciones se deriva como resultado de rupturas en las cortinas de las presas (DC cubana, 2018). De acuerdo con las características de ellas, las áreas de inundación se clasifican en: a) Peligrosas: cuando la inundación no se produce de forma súbita y la altura de las aguas no sobrepasa un metro; b) Muy peligrosas: cuando la inundación se produce súbitamente y la altura de las aguas sobrepasa un metro.

Amenaza para el Ganado: Dentro de las principales causas que constituyen una amenaza para el ganado se encuentra la deforestación de la frontera agropecuaria, especialmente la usada para la ganadería extensiva, la siembra de cultivos ilícitos, la tala ilegal, la minería e infraestructura y los incendios forestales. Según un estudio publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), al menos un 7% de las razas de ganado y aves de corral del mundo se ha extinguido y un 17% están peligro de hacerlo porque en ocasiones no se considera la diversidad genética de los animales para alimentar a las poblaciones futuras (Villa, 2016).

Incendios Forestales: Según la Corporación Nacional Forestal (CONAF), es un fuego que se propaga de manera rápida y sin control a través de la vegetación rural o urbana. Este fenómeno pone en peligro a las personas, los bienes y/o el medio ambiente. Los incendios forestales a nivel mundial, constituyen la causa más importante de destrucción de bosques. En Chile anualmente se queman más de 58 mil ha de bosques. En los incendios forestales se queman árboles, matorrales, casas, animales, se pierden fuentes de trabajo e incluso vidas humanas. El 99% son causados por el hombre, por negligencias, descuidos en el uso del fuego o por mala intención (ONEMI, 2011).

La OMM, en un reciente informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático en el 2018, señaló que los incendios de bosques podrían aumentar en frecuencia e intensidad a causa de este fenómeno. Las predicciones meteorológicas son fundamentales para seguir la trayectoria del humo en la atmósfera. Esta información es crucial debido a que el humo altera la radiación solar que llega a la superficie terrestre.

Tormenta Local Severa (TLS): Tormenta local que presenta uno o varios de los siguientes fenómenos que se consideran severos (Alfonso, 1993):

- Tornado.
- Tormenta con rachas de viento lineales de 25 m/s (96 km/h) o más, no asociado directamente a un tornado.
- Granizo de cualquier tamaño.
- Tromba marina.
- Tromba en altura.

Una familia de TLS puede formarse en unas pocas horas dentro de una región determinada, independientemente del tipo de fenómeno severo que la caracterice. En Cuba se considera un episodio de tiempo severo, si:

- Se reporta tiempo severo en dos o más puntos, pero adjudicable en cada lugar a una TLS diferente.
- Cada TLS debe estar separada de aquella que le sigue por un intervalo de tres horas o menos.

Sequía hidráulica: Se produce cuando las reservas de agua disponibles en fuentes como acuíferos, ríos, lagos y embalse caen por debajo de la media estadística, (INRH, 2018).

Sequía hidrológica: Entre tantas definiciones se escoge la dada por (INRH, 2018), que es la ausencia de lluvia durante un periodo extenso, que causa un desequilibrio hidrológico considerable y consecuentemente escasez de agua, daños a las plantaciones, reducción de escurrimiento y agotamiento de niveles subterráneos. En los últimos 40 años, las precipitaciones en Santiago de Cuba se han comportado mayormente por debajo del promedio histórico. La provincia ha sufrido largos periodos de sequía. La más reciente es la reportada en el periodo del 2014-2017. Sus consecuencias impactan en la población, en el sector agroalimentario, y en la nutrición de las personas, e impactan significativamente en el medio ambiente y el desarrollo económico.

Resultados y discusión

Contribución de los Sistemas Integrados de Gestión de Alertas Temprana, al MIZC y a la Gestión Integrada del Riesgo Costero

Cinco etapas componen cada ciclo de un programa de manejo integrado de la zona costera: 1) Identificación y evaluación de los asuntos claves, 2) Preparación del Programa, 3) Adopción forma y financiamiento, 4) Implementación y, 5) Evaluación (Gesamp 1996; Olsen et al., 1999). Considerando estas etapas del ciclo, se propone que la herramienta informática web como herramienta de un Sistema Integrado de Gestión de Alertas Temprana para la reducción de riesgos de desastre, integre estas fases del ciclo de manejo en la primera y segunda fase, en la identificación y evaluación de los asuntos claves y en la preparación del programa. En la primera etapa, dentro de los asuntos claves a identificar, estarían la caracterización de los peligros y los posibles impactos e intensidades, y de igual manera, en el análisis de los riesgos y estudios de percepción de los mismos, así como al analizar la funcionalidad de la zona costera en correspondencia con los niveles de peligros

y riesgos, (Figura 6). En la segunda fase del ciclo de MIZC, en la preparación del programa, se asume que la herramienta informática web, forma parte de la actuación y medidas de adaptación ante un peligro y su riesgo asociado con las Alertas Temprana.

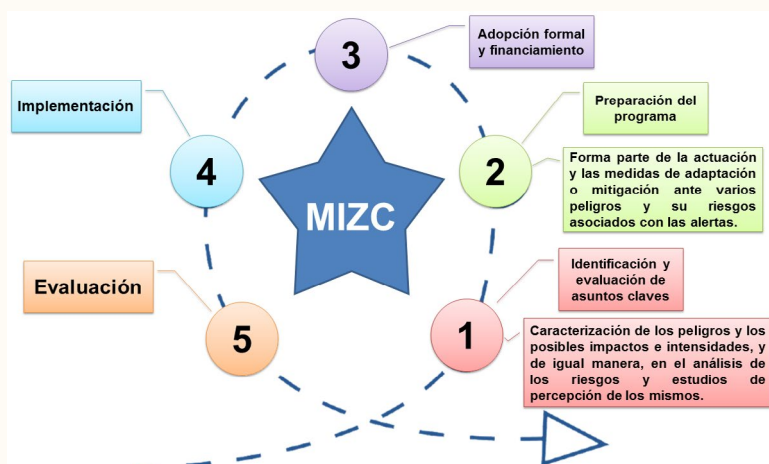


Figura 6. Ciclos de un programa de MIZC y momentos mediante los cuales puede desarrollarse la gestión de riesgos costeros dentro del contexto del MIZC.

El conocimiento del riesgo es la primera etapa y sustento de un SAT, ya que permite identificar los peligros, analizar y evaluar las necesidades para poder conocer el riesgo en que vive una determinada comunidad. Posteriormente, el Seguimiento y Alertas, consiente en realizar una permanente vigilancia de cada uno de los peligros que pueden afectar a una localidad costera determinada. Este componente tiene una sólida base científica, al poder contar con información meteorológica precisa y, desarrollar sistemas de vigilancia del peligro de forma local.

La Difusión y Comunicación son etapas importantes. Su finalidad consiste en que las alertas lleguen a las personas que están en peligro. Para lograrlo, se requieren implementar mecanismos de trabajo en redes de comunicación, los cuales garanticen que la información llegue hacia las personas en peligro, de modo que este sistema de alerta sea identificado y reconocido por la población para que de este modo esté preparada y, si existe la probabilidad de un impacto, se activen los procesos que permitan mitigar los efectos adversos.

El último componente es la capacidad de respuesta, consistente en fortalecer las capacidades de las autoridades, comunidad y voluntariado como

parte fundamental del SAT. Aquí se pueden elaborar los planes de respuesta y contingencia, que permitan evaluar el adecuado funcionamiento del SAT.

En 9 países de América del Sur y de América Central, se realizaron 21 análisis de diferentes experiencias de SAT, buscando seleccionar aquellas que se han mantenido en el tiempo con el aporte de la comunidad y de los gobiernos (infoinundaciones.com). Se parte del análisis de los cuatro componentes que recomienda el EWC III, los cuales son: 1) conocimiento del riesgo, 2) monitoreo técnico y servicios de alerta, 3) difusión y comunicación, y 4) capacidad de respuesta de las poblaciones, para poder conocer el peso o inclusión de ellos en el diseño e implementación de los SAT. En la Figura 7 se muestran estos cuatro componentes. Los mayores pesos recaen en el componente de monitoreo y alerta con un 95%, así como en el de difusión y comunicación (90%). El gráfico evidencia una tendencia global en el peso y orientación que se le viene dando a la tecnología y la inclusión de las redes sociales (Dávila, 2015). De acuerdo al estudio realizado, para que un SAT sea más efectivo, se requiere que estos sean abordados desde la perspectiva y enfoque de la Gestión de Riesgos de Desastres (GRD).



Figura 7. Soluciones prácticas y estudios sobre Sistemas de Alertas Tempranas (SAT) antes inundaciones en América Latina

Fuente: Dávila, 2015.

Según el estudio comparativo de los Sistemas de Alertas Tempranas para inundaciones, realizado en tres países latinoamericanos (República Dominicana, Ecuador y Bolivia), se demostró que existen brechas del conocimiento

entre ellos. En estos tres países todavía existen problemas entre el pronóstico técnico y la comunicación/respuesta de la comunidad. La diferencia en que un peligro natural se convierta en desastre puede radicar en la efectiva implementación de un Sistema de Alertas Tempranas, que centre su eje en la participación de las comunidades y en la coordinación con las autoridades (Granado, 2015).

Los Sistemas de Alertas Tempranas para ser eficaces, deben integrar cuatro elementos y seguir ocho pasos complementados por una lista de verificación. Estos son: a) conocimiento de los riesgos que se enfrentan. Esto implica coleccionar, evaluar y compartir información sobre vulnerabilidad y capacidad de resiliencia/adaptación; b) observación sistemática: es un seguimiento técnico que establece un sistema de monitoreo sistemático y alertas con recursos tecnológico; c) comunicación y alerta: difusión de advertencia a las personas en riesgo y; d) medidas de preparación y respuesta: conciencia pública y preparación para actuar (ONU, 2006; Helvetas, 2014). En un SAT ideal estos cuatro componentes deben tener igual importancia y seguir sistemáticamente ocho pasos para lograr reducir pérdidas tanto humanas como económicas y proteger los medios de vida de los afectados (Figura 8).

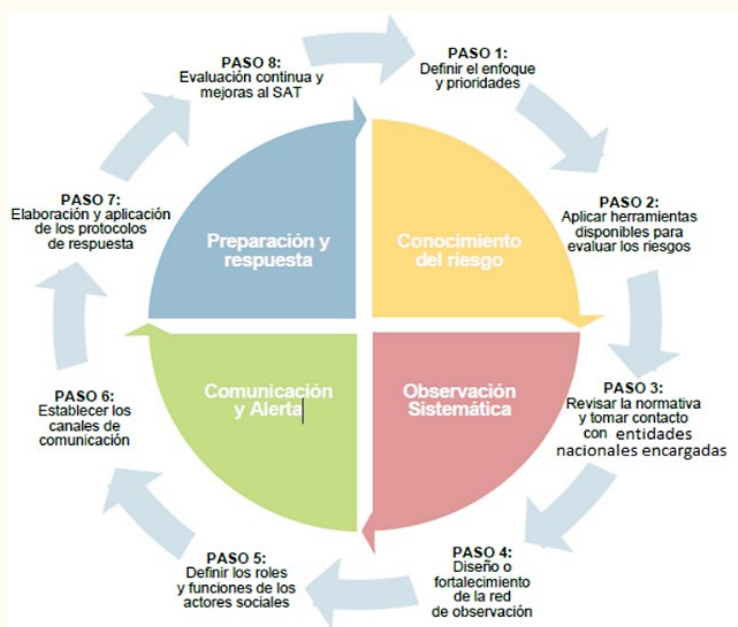


Figura 8. Ideal Sistema de Alertas Tempranas: elementos y pasos a seguir

Fuente: ONU, 2006, modificado por Helvetas, 2014, p. 36.

Los riesgos se originan por los efectos combinados de las amenazas y las vulnerabilidades en un lugar determinado. La evaluación del riesgo, necesita de la recopilación y análisis de información sistemáticas, que incorpore el carácter dinámico de los peligros o amenazas y, las vulnerabilidades que se generan por procesos tales como la urbanización en zonas no idóneas, cambios en el uso de la tierra, la degradación del medio ambiente y el cambio climático. Las evaluaciones y los mapas de riesgo, ayudan a establecer prioridades para las necesidades de los sistemas de alertas tempranas y, sirven de guía para los preparativos de prevención de desastres y respuesta ante los mismos. Es importante que se comprenda el riesgo y las bondades del servicio de alertas, para aprender cómo reaccionar ante sus diferentes fases de aplicación.

La reducción del riesgo de desastre, tiene la finalidad de prevenir y realizar acciones para prepararse en pos de mitigar el riesgo sistemáticamente, en lo que se refiere a pérdidas de vidas humanas y al patrimonio social, económico y medioambiental de las comunidades en los diversos países. Aparejado a esto, está el análisis de los desastres y sus causas, lo cual incluye una reducción del grado de exposición a las amenazas y por ello la disminución de la vulnerabilidad, de la población y la economía.

El SAT no constituye un elemento aislado dentro de un sistema de gobierno. Este forma parte del enfoque de la GRD. En algunos países se observa que se adolece de un marco normativo como base para invertir en los SAT. En este caso, estos sistemas pueden incorporarse a los procesos de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), el cual precisa del involucramiento activo y sostenible de muchos actores claves y del público con intereses en conocer, cómo son distribuidos los recursos costeros y, cómo son solucionados los conflictos. El proceso de MIZC proporciona el medio en el cual se discuten los problemas a escala local, regional y nacional y su dirección se negocia con prospectiva hacia el futuro (Milanés, 2015).

Este mismo proceso de discusión y participación continua que tiene el MIZC para influir en la toma oportuna de decisiones, conlleva a que su radio de influencia contemple varias herramientas. En los últimos años algunos científicos vinculan la gestión integrada de riesgos costeros (GIRC) con el MIZC (Milanés et al., 2015). Este modelo sistémico influye en la escala urbana y benefician a la sociedad, al ofrecer alertas sobre diferentes amenazas que pueden ocurrir en tiempo real. La GIRC tributa al MIZC mediante la generación de mapas de riesgos costeros, esta a su vez necesita de la caracterización, diagnóstico o línea base que se determina en los programas de MIZC (Ravelo, 2017). Ambos procesos se complementan al brindar información relevante para las comunidades y para la toma oportuna de decisiones (Figura 9).

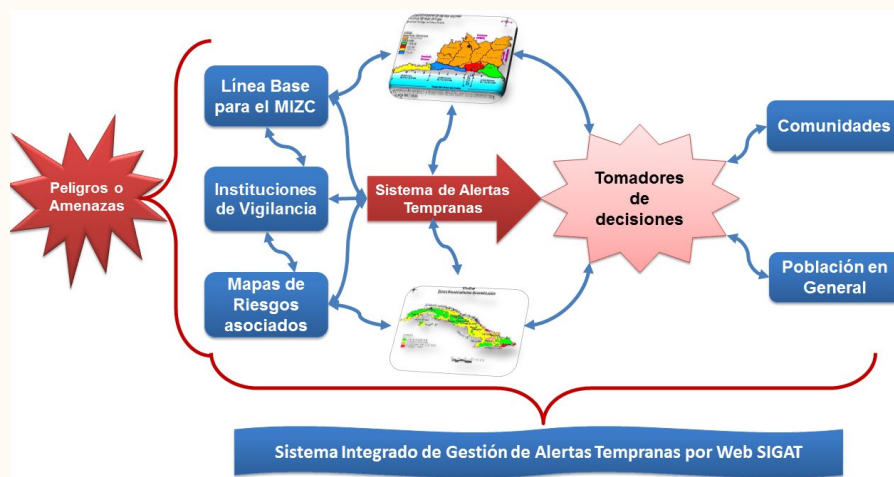


Figura 9. Integración entre los procesos de MIZC y GIRC empleando los Sistemas de Alertas Tempranas y las tecnologías Web.

Fundamentación teórica y metodológica del Sistema Integrado de Gestión de Alertas Temprana por web (GISAT)

Como parte de los acuerdos de la III Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre Reducción del Riesgo de Desastres, que se realizó del 14 al 18 de marzo de 2015 en Sendai, Japón, fue aprobado el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Este marco es muy conciso y específico, y fue preparado con visión de futuro y orientado a la acción.

Un promedio de algo más de 1.500 millones de personas se han visto perjudicadas por los diferentes tipos de desastres. Las mujeres, los niños y las personas en situaciones vulnerables han sido los más afectados. Ante esta situación los daños económicos totales ascendieron a más de 1,3 billones de dólares de pérdidas, (Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, UNISDR, 2015-2030), por tal motivo se hace necesario reforzar los procesos de gobernanza y fomentar oportunas estrategias de reducción del riesgo de desastres en las escalas nacional, regional y mundial, lo cual permite mejorar la preparación y la coordinación nacional para la respuesta a los desastres (www.unisdr.org, 2018).

En la última década, la política de reducción del riesgo se ha basado en la ordenación y una gestión proactiva de los riesgos en los territorios. Por todo lo anteriormente dicho, ha surgido la necesidad de incorporar a

los SAT en los procesos de planeación. Las instituciones de vigilancia y sus sistemas de alerta, con el uso de las tecnologías de la informática y las comunicaciones (TIC), resultan cada día más imprescindibles, ante la aparición de fenómenos meteorológicos extremos porque:

- Permite mantener un monitoreo constante y pronóstico de los mismos, conociendo los factores de riesgos, y, en consecuencia, favorecer la rápida y efectiva toma de oportunas decisiones (Figura 6).
- Favorecen la formación y desarrollo de una cultura de la prevención y la preparación de la población y los decisores, todo ello evidenciado mediante el conocimiento, las posiciones éticas y los niveles de gestión del riesgo (Ravelo, 2017).
- Permiten anticipar acciones que disminuyan el nivel de exposición y evaluar posibles daños y pérdidas según la magnitud del impacto esperado, así como desarrollar acciones adaptativas que permitan la mitigación.
- Los sistemas basados en la utilización de la web, resultan muy utilizados por la sociedad, como herramienta de primera consulta, potenciado por políticas del país en masificar el uso de esta, incrementando en la población y sectores económicos la percepción del riesgo (Figura 10).



Figura 10. Integración entre el Sistema Integrado de Gestión de Alerta Temprana, en el ciclo de reducción de desastre, en Cuba utilizando las TIC y los sistemas por web.

Las instituciones de vigilancia y los grupos multidisciplinarios, son un componente importante en la generación, análisis y aplicación de información científico-técnica para validar estas herramientas informáticas. De su organización, coordinación y profesionalidad, dependen las recomendaciones de medidas y acciones a priorizar por los tomadores de decisiones.

La herramienta informática por web que esta investigación propone para resolver los problemas de acceso oportuno, vigilancia a largo plazo, e informatización de los SAT, se denomina Sistema Integrado de Gestión de Alertas Tempranas en el Manejo de Integrado de Zonas Costeras (GISAT). Esta aplicación no es más que: una herramienta que está presente y acompaña en todas las etapas del ciclo de reducción integrado de desastre, favoreciendo en todo momento la vigilancia, identificación dinámica y alerta oportuna de todas las amenazas y peligros, con el monitoreo constante y pronóstico acertado, sobre las probabilidades y magnitudes de los impactos, apoyado en los estudios de peligro vulnerabilidad y riesgo (PVR). GISAT promueve una adecuada respuesta, al potenciar la preparación de los actores claves en la toma de decisiones y de la población para su enfrentamiento.

Cada vez más, resulta importante poner a disposición de la población las nuevas tecnologías de la información, que permitan una mayor gestión del riesgo en el MIZC. En Cuba, por ejemplo, se establece la fase de Alerta Ciclónica, se incrementa la orientación a la población por los medios de difusión masiva, utilizando algunos medios de divulgación de la información como la radio y la televisión. En esta fase se logra un incremento en la recepción de la información en la población y de la percepción del riesgo en las personas.

En el cuerpo teórico y metodológico del sistema GISAT, en su diseño y trabajo en Red, se consideran 7 tipos de amenazas. Como usuarios del sistema se encuentran los órganos decisores en la provincia, Gobierno en la Provincia, Partido en la Provincial PCC, Puesto de Dirección del Consejo de Defensa Provincial, Defensa Civil Provincial, Centro de Gestión y Reducción de Riesgo (CGRR), Puesto de Dirección del Instituto Nacional de Recursos Hidráulico, Zonas de Defensas, Puntos de Alertas Temprana, Centro Meteorológico Provincial, Centro Nacional Sismológico (CENAIIS), Tele Centro Provincial (Tele Turquino) y las comunidades vulnerables, así como el conjunto de instituciones que atienden los diferentes tipos de amenazas como son los gobiernos locales y los consejos de la defensa civil en sus diferentes escalas (Figura 11).

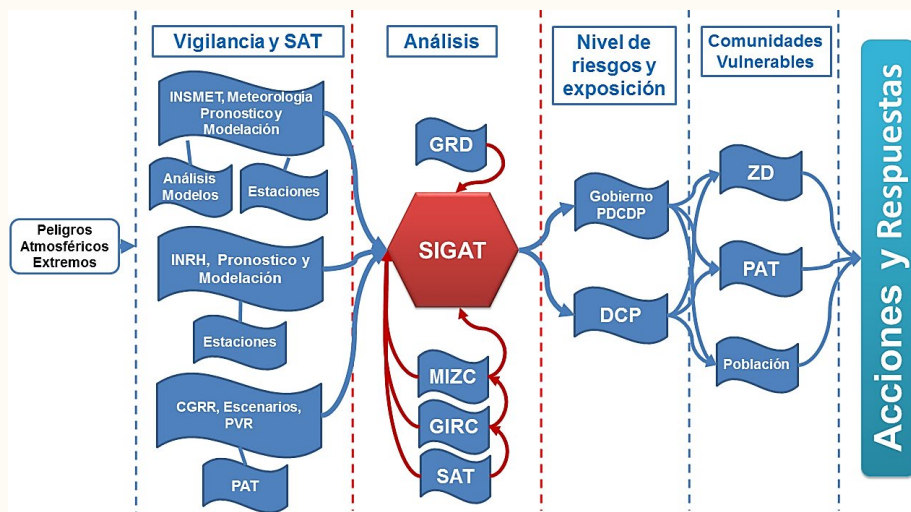


Figura 11. Trabajo en Red del Sistema Integrado de Gestión de Alerta Temprana GISAT.

- *Propuesta y fundamento para el desarrollo del Sistema web GISAT*

Para darle cumplimiento al objetivo de la investigación, se decidió desarrollar un sistema informático web bajo el principio cliente-servidor, que permita y facilite el acceso, envío e intercambio entre los decisores y la población con las instituciones encargadas de los Sistemas de Alertas Tempranas, con el objetivo de lograr una adecuada Gestión de Reducción de Riesgo de Desastre.

Como entorno de desarrollo, se seleccionó Eclipse, que es un IDE para todo y almacén (workbench) sobre el que se pueden montar herramientas de desarrollo para cualquier lenguaje. Mediante la implementación de los plugins, como arquitectura que permite, además de integrar diversos lenguajes, introducir otras aplicaciones adicionales que pueden resultar útiles durante el proceso de desarrollo de la herramienta como: las herramientas UML, editores visuales de interfaces, ayuda en línea para librerías y para la programación del lado del servidor. En este caso se utilizó el framework CodeIgniter como marco de trabajo para PHP. De igual forma se empleó un servidor de mapa o sistema de información geográfica de software libre, con vista a dar salida de información de forma espacial, ganando en operatividad y comprensión por parte los decisores y la población en general.

Dentro de los lenguajes de programación, se utilizaron lenguajes que se ejecutan del lado del servidor y otros del lado de los clientes, permitiendo de esta forma que sean ejecutados en el dispositivo desde el cual el cliente accede a la aplicación web. La gran ventaja de este tipo de lenguaje, es que se evita la recarga de trabajo en la parte del servidor, generando de esta forma mayor agilidad en el desarrollo del proceso (Ver Figura 12). Del lado del servidor, se trata de tecnologías que consiste en el procesamiento de una petición que el usuario realiza a través del navegador, permitiendo realizar transacciones entre los sistemas de Bases de Datos y otros servicios necesarios para el resultado final como servidor de mapas.

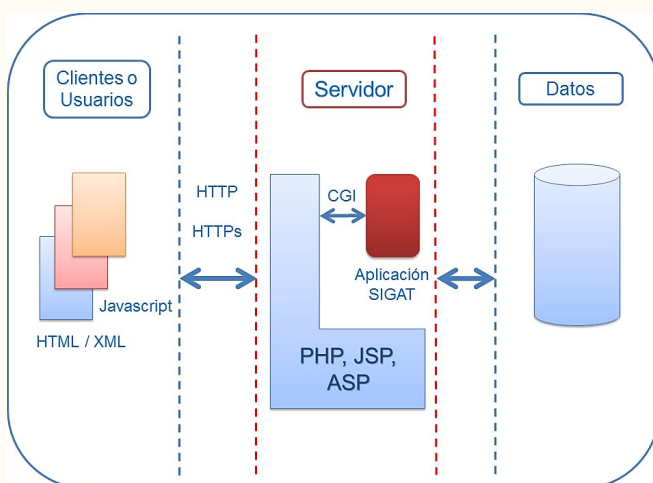


Figura 12. Esquema de funcionamiento interno del Sistema GISAT por web.

Como sistema de almacenamiento de Base de Datos, se utilizó MySQL, siendo este, un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario con más de seis millones de instalaciones y MySQL, desarrollado como software libre en un esquema de licenciamiento dual, bajo la GNU GPL para cualquier uso compatible.

- *Requerimiento de funcionamiento del GISAT*

La ingeniería de requerimientos, proporciona el mecanismo apropiado para entender lo que desea el cliente o usuario, analizar las necesidades, evaluar la factibilidad, negociar una solución razonable, especificar la solución sin ambigüedades, validar la especificación y, administrar los requerimientos

a medida que se transforman en un sistema funcional (Thayer & Dorfman, 1997). Los requerimientos identifican el qué del sistema, mientras que el diseño establece el cómo del sistema.

Antes de comenzar a implementar el sistema, se desarrollaron entrevistas con las instituciones de vigilancia y los clientes, donde se valoró la información a efectiva que se debía publicar en la web y los formatos para una adecuada y oportuna toma de decisiones. Este paso se conoce como levantamiento de requisitos funcionales y requisitos no funcionales.

Según el estándar internacional de especificación de requerimientos IEEE830, 1998, los documentos de definición y especificación de requerimientos deben contemplar los siguientes aspectos, ambiente físico, interfaces, usuarios y factores humanos, funcionalidad, documentación, datos, seguridad y aseguramiento de la calidad. Este propio estándar internacional divide los requerimientos en funciona y no funcional. Los requerimientos funcionales (RF) describen una interacción entre el sistema y su ambiente y sobre cómo debe comportarse el sistema, en esencia, describe lo que el sistema debe hacer. Entre estas tenemos.

- Mostrar un ambiente amigable y una presentación adecuada, además una introducción para que los usuarios sepan el propósito y función del sistema GISAT, así como las instituciones que intervienen en la misma.
- Permitir a los usuarios ver las alertas directamente en el Sistema GISAT, inscribirse o dejar de estar inscrito en una o varias alertas.
- Mostrar información de las Alertas y su ubicación espacial, en un sistema de información o mapa geográfico, con un alto grado de precisión.
- Mostrar y generar reportes en forma de boletines e imágenes entre otros.
- Gestionar mostrar y enviar los distintos tipos de Alertas Temprana.

Los requerimientos no funcionales describen una restricción sobre el sistema que limita nuestras elecciones en la construcción a su vez que restringen los servicios o funciones ofrecidas por el sistema, incluyendo limitaciones de tiempo. Estos requerimientos no funcionales ponen límites o restricciones al sistema, entre estos están: 1) Rendimiento del Sistema, 2) Interfaz Externa, 3) Usabilidad, 4) Confiabilidad, 5) Seguridad, 6) Soporte y, 7) Software.

- *Concepción del Sistema que utiliza GISAT*

Nuestra investigación, en esta primera fase estuvo dirigida a los órganos decisores en la provincia de Santiago de Cuba, para dotarlos de una herramienta suficientemente operativa que les permitiera la toma de decisiones

acertadas y oportunas ante fenómenos atmosféricos peligrosos. Paralelamente se propusieron otros servicios que complementan el sistema y permiten lograr una mayor masificación de la información hacia la población. En la Figura 13 se muestra como está concebido el sistema.

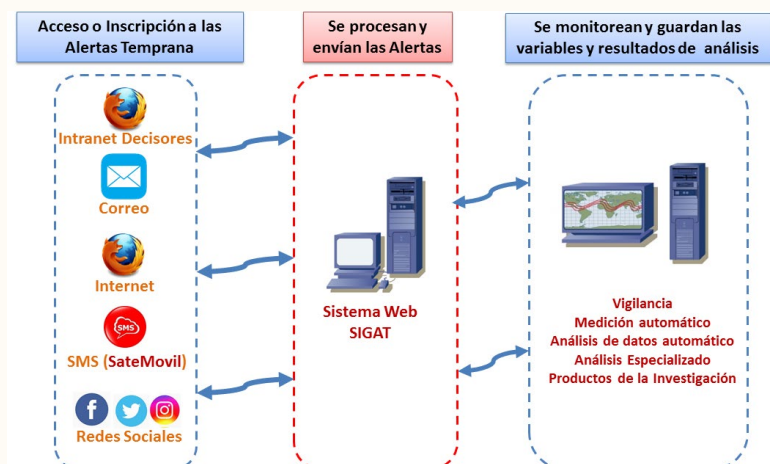


Figura 13. Concepción del Sistema GISAT.

- *Diseño y Funcionalidades del Sistema web GISAT y despliegue de alertas*

A la hora del diseño del sistema, se optó por un esquema sencillo y representativo, utilizando información espacial con la ayuda de un servidor de mapa (OSM), que le permita al usuario con simples toques, moverse por las diferentes secciones, agilizando la presentación y la operatividad para una toma de decisión oportuna y acertada.

En el diseño del Sistema GISAT, las mediciones de variables meteorológicas y modelación atmosféricas, son analizadas y procesadas de conjunto con otros productos como satélite y radar. Los resultados de estos conforman las Alertas, que luego son enviadas por las instituciones de vigilancia que intervienen en el mismo. El servidor que brinda soporte para la emisión y publicaciones de las alertas se encuentra en el Centro de Meteorología de la provincia de Santiago de Cuba. Las alertas son visualizadas en el Sistema web GISAT y posteriormente enviadas a las demás instancias del propio sistema, Correo, Internet, Redes sociales, SMS y MMS. A continuación, se realiza el despliegue de los diferentes tipos de alertas que contemplan el Sistema.

- *Despliegue de Alerta de Huracanes en GISAT*

En un plazo de 66 a 48 horas antes del impacto, se emite el aviso especial de Ciclón Tropical y por consiguiente las Alertas Temprana. Para las alertas por huracán, se representa la ubicación del sistema tropical de forma espacial, así como el radio de los vientos de huracán y de tormenta del mismo. Para ello se cuenta con los datos recogidos, por todos los instrumentos de medición que conforman el Sistema Meteorológico Nacional y Provincial, como pueden ser estaciones y radar meteorológico y el sistema satelital.

La web del SAT contendrá la información aportada por el Centro Regional de Huracanes de la OMM radicado en Miami, la cual se obtiene mediante la información que transmiten los aviones de reconocimiento, dentro de las que se encuentran: la Latitud N, Longitud W, Vientos máximos sostenido en km/h, Presión atmosférica en hPa, la dirección de movimiento y el punto más cercano en el que se encuentra el huracán respecto al territorio nacional.

La Figura 14 representa como queda el diseño del sitio. También se aporta un texto de los peligros asociados al huracán, donde se refleja el punto y hora (local) de entrada del centro, Diámetro del área de lluvias(kilómetros), diámetro del "ojo", radio del campo de los vientos fuertes mayores de 63 km/h, el estimado de la velocidad del viento máximo sostenido, rachas que puedan ocurrir en el área de afectación al territorio nacional, el estimado del pronóstico de lluvias para el área dada, el estimado de la marea de tormenta y oleaje en la zona costera de afectación, el pronóstico del comienzo de afectación de los elementos peligrosos (vientos > 63 km/h; Lluvia > 100 mm; y el oleaje, donde se describen olas con alturas > 4m; Marea de Tormenta (MPO INSMET Cuba, 2017).

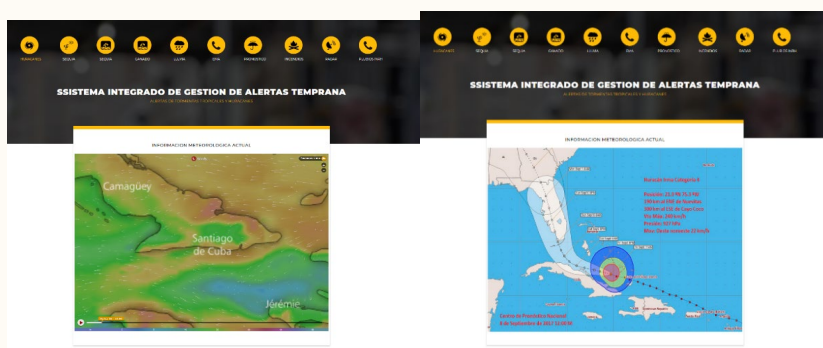


Figura 14. Presentación de Alerta de Huracanes en GISAT

Fuente: elaborado por el autor, 2018.

- *Despliegue de Alerta por Sequía Meteorológica en GISAT*

Mensualmente, en el Centro de Meteorología de la provincia de Santiago de Cuba, se realizan corridas de programas que modelan el comportamiento de la sequía, así como un análisis y perspectivas de los próximos meses. Los datos de entrada de estos modelos son las variables que se miden en cada estación meteorológica que se encuentran ubicadas en La Gran Piedra, Contramaestre y en la Universidad de Oriente de la citada provincia, así como los datos aportado por una extensa red pluviométrica del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Cuba para cada municipio y poblado de la provincia. Estas variables son: las condiciones oceánicas y atmosféricas y el comportamiento de las principales variables meteorológicas del mes que finaliza, donde se analizan la temperatura media, temperatura mínima media, temperatura máxima media, humedad relativa, precipitaciones, sensación térmica entre otros.

Como resultado de este procesamiento se confecciona un boletín climático mensual (Figura 15), donde se presenta una información actualizada sobre el comportamiento climático en el mes que culmina y, la perspectiva del clima en los próximos meses, así como información espacial del comportamiento de la sequía en la región y en cada municipio del territorio. Esta información espacial, de conjunto con el boletín, es la salida para el Sistema de Alerta Temprana para la sequía Meteorológica.



Figura 15. Presentación de Alerta por Sequía Meteorológica en GISAT.

- *Despliegue de Alerta por Sequía Agrícola en GISAT*

Cada 10 días es generado un Boletín Agrometeorológico (Ver Figura 16). Aquí se muestran diferentes informaciones como son: las fases de la luna en el cultivo de hortalizas y la influencia que tiene en los animales, la vigilancia de la sequía agrícola, condiciones de vegetación, comportamiento de las plagas y enfermedades en los cultivos, atención al confort del ganado, entre otras. En el mismo sistema, se les presta especial atención a los indicadores de sequía agrícola, de gran impacto en nuestra población y economía por ser un proceso lento, acumulativo y que conlleva a las medidas de adaptación y mitigación de sus efectos.

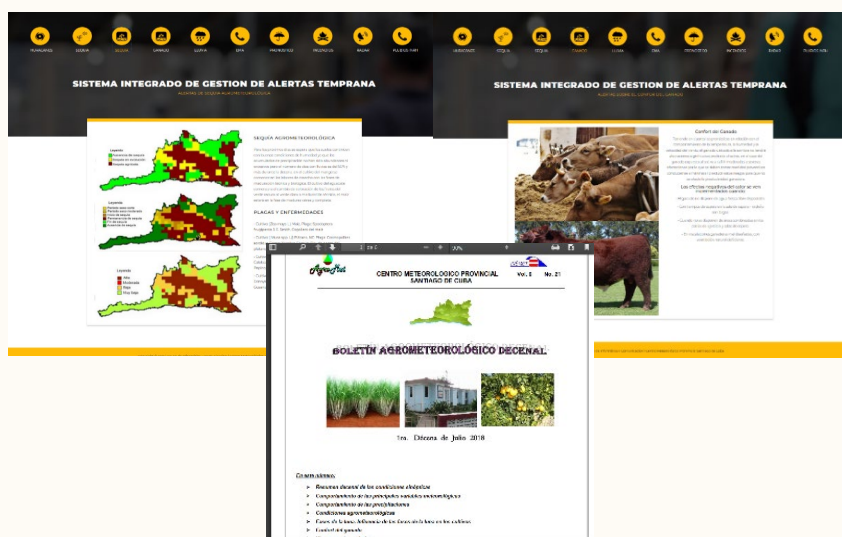


Figura 16. Presentación de Alerta por Sequía Agrícola en GISAT.

- *Despliegue de Alerta por Intensas lluvias en GISAT*

Para la Alerta temprana de las lluvias fuertes e intensas en zonas más o menos grandes, se toma en cuenta los sistemas a los que las mismas pueden estar asociadas, tales como ciclones tropicales, áreas de bajas presiones, frentes fríos y vaguadas prefrontales. (MPO INSMET Cuba, 2017). Paralelamente se consideran, los resultados de las corridas de los modelos de pronóstico GFS, NAM, así como la corrida de la aplicación del GFS en Meteorología Villa Clara, junto a los productos del Centro de Física de la Atmósfera (CFA) del

Insmet y los Radares Meteorológicos, (MPO INSMET Cuba, 2017). Con todos estos instrumentos los pronosticadores buscan:

- Mecanismos de forzamiento para el ascenso del aire.
- Determinar si estará presente suficiente humedad, con la humedad relativa y la temperatura del punto de rocío y el grado de advección de fuentes húmeda como el océano.
- En los radares meteorológicos buscar niveles de reflectividad por encima de 45 dbz en los niveles medios.
- De igual forma se analizan los sondeos aerológicos, principalmente en verano.

Con todo estos análisis se emite una Alerta Temprana de Intensa Lluvia para el territorio específico de la provincia en donde ocurrirá el evento, teniendo en cuenta la precipitación que produzcan acumulados de 100 mm o más, en un período de 24 horas o menos; o 50 mm o más en 12 horas o menos (MPO INSMET Cuba, 2017) (Figura 17).



Figura 17. Presentación de Alerta por Intensas lluvias en GISAT

Fuente: elaborado por el autor, 2018.

• *Despliegue de Alerta por Incendios Forestales*

Para la detección y monitoreo de incendios sobre la vegetación en Cuba, se realizan acciones en cooperación científico-técnica entre el Instituto de Meteorología (INSMET) de Cuba y el Instituto Nacional de Pesquisas espaciales (INPE) de Brasil. Utilizando el sistema “QUEIMADAS”, son empleadas imágenes de los satélites GOES-12, sensor I-M Imager y TERRA/AQUA, y sensor MODIS, los cuales garantizan una cobertura temporal y espacial adecuada para la rápida detección y localización de los incendios (Mejías,

2018). Los fuegos son localizados mediante procesamiento digital de imágenes. Empleando algoritmos especializados, se procede a su publicación como Alerta Temprana, con lo siguientes datos: Lat., Long, Data Hora, Satélite, Municipio, Estado, UC/TI, Riesgo Observador, Riesgo Previsto (Figura 18).

Para las mediciones se utiliza el satélite GOES-12, Sensor I-M IMAGER, situado a 36 000 Km. También el Sensor I-M IMAGER bandas en el infrarrojo de onda corta, es muy utilizado en labores de detección de incendios en la vegetación (www.gsfc.nasa.gov, 2018).

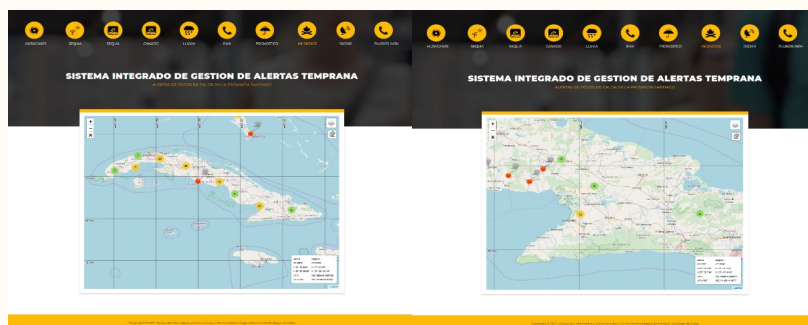


Figura 18. Presentación de Alerta por Incendios Forestal en GISAT.

Igualmente, el satélite TERRA/AQUA, sensor MODIS presentan órbitas con ciclo diario sincronizados. Cada uno cuenta con un sensor MODIS con 36 bandas espectrales que miden radiaciones en longitudes de onda desde el visible al infrarrojo termal, con canales específicos para la detección de fuego (go-fc-fire.umd.edu/index.asp, 2018).

El algoritmo multispectral, empleado para detección de fuegos activos con el satélite GOES, fue desarrollado por Setzer W. A. y Yoshida C. M (2004), utilizando los canales 1(0,63 μm) visible, 2 (3,9 μm) en el infrarrojo medio y 4 (11.0 μm) del infrarrojo lejano. El algoritmo para la detección con los satélites TERRA y AQUA, sensor MODIS, fue determinado empíricamente por Setzer (2003).

- *Despliegue de Alerta de Tormentas Local Severa TLS e inundaciones*

Por lo general las tormentas local severas (TLS) están asociadas a lluvias localmente intensas y tormentas eléctricas muy fuertes, con caídas de granizos, por lo que están consideradas como fenómenos meteorológicos altamente peligros. Estas tormentas locales severas suelen ocurrir mayor-

mente en los municipios con superficies de amplias llanuras y suelos poco permeables, entre ellos, los más afectados y con áreas más extensas son Mella, Contramaestre y Palma y, en particular en las cuencas hidrográficas de los ríos Contramaestre, Guaninicún, Cauto y La Plata entre otras. Además, en la provincia Santiago de Cuba en la parte sur, se destaca la ciudad de Santiago de Cuba que ocupa parte de las cuencas San Juan, Yarayó y Yarto que también es susceptible a inundarse. Las inundaciones en los municipios costeros de Santiago de Cuba y Guamá son de menor extensión, y se producen fundamentalmente en las zonas bajas y en las cuencas de los principales ríos. Los ríos que presentan cursos cortos y cuencas pequeñas, las inclinaciones de sus pendientes en gran medida aceleran el escurrimiento que producen la gran acumulación de aguas en las zonas bajas, (Ver Figura 19).



Figura 19. Presentación de Alerta por Tormenta Local Severa en GISAT.

La ocurrencia de TLS en Cuba se encuentra vinculadas, por un lado, a sistemas meteorológicos de escala sinóptica, y al paso de los sistemas convectivos de meso escala por el otro. Muestra de ello son las líneas de tormentas de prefrontales que también se generan en las agrupaciones de tormentas (Clústers), dentro de los Complejos Convectivos de Meso escala y, que, en algunas ocasiones, han estado asociadas a superceldas que se han desarrollado. Como parte de los elementos a observar para la Alerta Temprana se encuentran:

- Una fuerte corriente en chorro de niveles bajos (low level jet) identificada en 850 hpa mostrando significativa advección de humedad sobre el área.
- Vientos en la vertical que representan un perfil organizado y giran hacia la izquierda con la altura y una intrusión de aire seco moviéndose al nivel de 700 hpa.

- Presencia de una fuerte corriente en chorro de niveles medios y altos, entre 500 y 200 hpa que difiere sobre el área.
- La interacción entre las tormentas convectivas con el aire seco en niveles medios.
- Vigilancia oportuna por radar Meteorológico.

- *Despliegue de Alerta de Recursos Hidráulicos*

La activación de estas Alertas Tempranas ante fenómenos hidrometeorológicos, esta precedido de dos fenómenos atmosférico peligrosos, uno es por exceso de precipitación y el otro por un déficit de la misma. En el territorio de la provincia de Santiago de Cuba y en las provincias colindantes como Granma, Holguín y Guantánamo, con las cuales se comparten cuencas, afluentes de ríos y de embalses, algunos con interés regional, la creación de una Alerta Temprana evitará pérdidas de vidas humanas, económica y de la biodiversidad en estas zonas tras el impacto de este fenómeno (Figura 20). Dentro de los elementos contenidos en este tipo de Alerta Temprana se encuentran:

- Evaluación del resultado de la modelación, cada 6 horas, de los escenarios futuros más probables de inundaciones en los territorios amenazados, en las elevaciones y cuencas hidrográficas identificadas en los estudios de Peligros, Vulnerabilidades y Riesgos de la región a monitorear.
- Vigilancia de los niveles que pueden alcanzar las aguas en las distintas obras hidráulicas.
- El conocimiento y monitoreo de los volúmenes máximos permisibles a retener en los embalses.
- El estado de las mini-hidroeléctricas y de los acueductos vinculados a las obras, los cuales pueden presentar problemas durante el impacto del evento. Se incluye la posibilidad de deslizamientos en zonas de alto peligro, el desbordamiento de ríos y de las micro presas.
- Las posibles olas de inundación activa por las rupturas de presas, así como el pronóstico de caudales y posibles afectaciones a las áreas urbanizadas y residenciales.

El sistema propuesto emite un Boletín Hidrológico de carácter provincial mensual, en donde se detalla el estado de los embalses, la disponibilidad del agua, entre otros elementos que ayudan a la toma de decisión ante un fenómeno atmosférico peligroso (Figura 20).

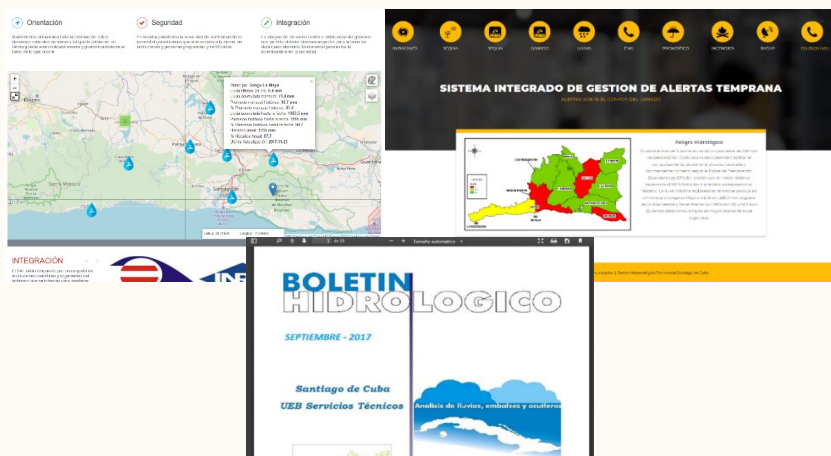


Figura 20. Presentación de Alerta de recursos Hidráulico en GISAT.

En el otro caso de activación de las Alertas Temprana por Sequía, se continúa informando algunos de los parámetros ante misionados, siempre tomando como consideración determinados umbrales. Después de valorado estos parámetros, se analiza el comportamiento por cada una de las cuatro fases:

1. *Fase Informativa:* Se establece de conjunto entre el INRH y el Centro de Clima del INSMET, “Alerta de Sequía Hidrológica.” Cuando el 25% del territorio afectado presenta una condición de anormalmente seco, con posibilidades de sequía hidrológica moderada, según el Índice Combinado de Sequía Hidrológica.
2. *Fase de Alerta:* Con el continuo deterioro de la situación hidrometeorológica, cuando se alcanza la categoría de sequía severa en el 50% de un territorio y, cuando se mantenga esta condición por un período de tres a seis meses.
3. *Fase de Alarma:* Cuando el deterioro de la situación hidrometeorológica alcanza la categoría de sequía severa en el 50% de un territorio y, cuando se mantenga esta condición por un período superior a seis meses.
4. *Fase Recuperativa:* Por el proceso de sequía es intensa, su extensión espacial y temporal para un territorio, se propone al Presidente del Consejo de Defensa Nacional por el Grupo de Trabajo Temporal del nivel nacional, oído el criterio de las autoridades de los territorios afectados y de los INRH y de Meteorología.

- *Despliegue del Sistema informático web GISAT en la provincia de Santiago de Cuba*

Cuando un sistema informático es terminado, se somete a un proceso de prueba de funcionamiento. Estos test de funcionamiento se les llama técnicamente despliegue. Este periodo es delimitado. El alcance de la aplicación GISAT estará desplegado en una Red de Datos Inalámbrica en la provincia en donde los usuarios decisores en el territorio, pueden recibir e intercambiar información de las alertas temprana en todo momento. La población también podrá acceder a las Alertas Tempranas, utilizando el sistema GISAT por web y, las distintas publicaciones o envíos que se realizarán en las redes sociales. También pueden acceder mediante la aplicación de móvil denominada SATEMovil (Ravelo 2017). Por ello es importante señalar que la aplicación puede ser utilizada en cualquier parte del país. La aplicación SATEMovil, mediante la resección de las Alertas en Sistemas Móviles creada por Ravelo (2017), y la aplicación a los Sistemas de decisión de los estudios de PVR, diseñada por Tamayo (2018) son soporte de este sistema. Todos estos aportes son rectorados por el Centro de Gestión y Reducción de Riesgos de la respectiva provincia.

Sistema Integrado de Gestión de Alertas Tempranas y su contribución a la Tarea Vida, y a los Objetivos del Desarrollo Sostenible

En junio del 1992 en Río de Janeiro, Brasil, se dieron cita los líderes de casi todas las naciones en la Cumbre de la Tierra, donde el líder histórico de la Revolución Cubana Fidel Castro Ruz expresó: "...Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre...". Este pensamiento marcó un hito histórico por transmitir a la comunidad mundial la verdadera dimensión de la crisis medioambiental. El planteamiento evidencia la necesidad de la comprender cómo y por qué los futuros avances económicos y sociales deben estar indisolublemente ligados a las políticas territoriales para proteger y administrar el medioambiente bajo la estrategia de conservación de los recursos naturales. En correspondencia con esta política, en Cuba se aprueba por el Consejo de Ministros con fecha del 25 de abril de 2017 el Plan del Estado cubano para el enfrentamiento al cambio climático, denominado por sus siglas Tarea Vida.

En el artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba se plantea:

El Estado protege al Medioambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible, para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar ésta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y de todo el uso potencial de la naturaleza (Citma, 2007).







En Cuba las proyecciones indican que la elevación del nivel medio del mar alcanzará 27 centímetros en el año 2050, y 85 en el 2100. Este incremento provocará la pérdida paulatina de la superficie emergida del país en zonas costeras bajas, así como la intrusión salina e impacto en los acuíferos subterráneos abiertos al mar por el avance de la “cuña salina” (González y Feitó, 1997; IPCC, 2007; Iturralde, 2016).

La propuesta de Sistema Integrado de Gestión de Alertas Tempranas (GISAT), da respuesta a acciones prioritarias a nivel de país como es el plan de enfrentamiento del estado cubano ante el cambio climático. Este plan cuenta con 11 tareas, cada una está bien delimitada y enfocada a desarrollar acciones para proteger y prepararnos ante los efectos de las transformaciones en el clima. El uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en los Sistemas de Alertas Tempranas, resulta imprescindible en este proceso. La aplicación web GISAT, contribuyen de manera directa a la tarea número 9 que expresa; que se necesitan fortalecer los sistemas de vigilancia, monitoreo y alerta temprana para evaluar el estado y calidad de la zona costera de forma sistemática, respecto a los componentes del agua, la sequía, el bosque, la salud humana, animal y vegetal.

De igual manera, en el año 2015, los estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible, conocidos también como ODS. GISAT aporta con su contribución a los esfuerzos que realiza el mundo para impulsar estos objetivos y sus metas y, de esta forma dar cumplimiento a la Agenda 2030. La propuesta GISAT se alinea con los ODS mostrados en la Tabla 3:

Tabla 3.

Descripción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible donde GISAT tributa.

Símbolos ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
	Objetivo 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
	Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
	Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
	Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas.
	Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos.
	Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Fuente: ODS, 2015.

Conclusiones

La existencia de instituciones de vigilancia, redes de observación, predicción e información y de alertas, no evitan la ocurrencia de fenómenos atmosféricos peligrosos, ni las situaciones de emergencias que se producen asociadas a ellos, sin embargo, muchos de los daños y pérdidas pueden disminuirse o eliminarse, para algunos fenómenos extremos como la sequía, incendios, estrés del ganado, si se cuenta con un SAT integrado que, mediante el empleo de la tecnología web, ampare las voluntades políticas, jurídicas y las interrelaciones sinérgicas de las instituciones y actores claves, originando una alta disposición en la rapidez y fidelidad con que se toman las decisiones.

Aunque existen aplicaciones a nivel regional que manejan alertas tempranas en el mundo, ninguna está relacionada con el contexto cubano, ya que cada país desarrolla este sistema para un fenómeno específico, con escalas sinópticas muy elevada que no reflejan la realidad del territorio.

No existe ningún marco legal específico sobre el desarrollo de sistemas web en Cuba. Esto trae como consecuencia para la mayor cantidad de proyectos realizados sobre estos, que sean de servicios estatales, de carácter informativo y comerciales y no desde la óptica de la mitigación y preparación ante los riesgos.

Se diseñó e implemento un sistema por web que permite gestionar, mostrar y enviar las Alertas Tempranas, para diferentes tipos de eventos extremos. El Sistema por web GISAT, contribuye a la informatización de la sociedad cubana, al dotar a los decisores y población de una herramienta integrada por varios Sistemas de Alertas Temprana e instituciones de vigilancia para una adecuada Gestión del Riesgo de Desastres.

Se demuestra que, con el uso del sistema GISAT dentro de la gestión integrada del riesgo costero y el MIZC, se contribuye de manera interdisciplinaria ante enfrentar los peligros naturales. De igual forma, el sistema creado logra una interrelación transversal y multisectorial entre varias instituciones claves en la gestión del riesgo de la provincia de Santiago de Cuba. La integración de instituciones de vigilancias, órganos decisores y de la población, que se fomenta mediante este sistema, permite mitigar y articular acciones conjuntas entre el estado y la población. Lo enunciado constituye una fortaleza para este sistema, ya que no existe en la región, ni en Cuba, esta forma de articulación ante los diferentes tipos de peligros.

En Cuba los sistemas de Alertas Temprana, para eventos atmosférico extremos, utilizan fundamentalmente los medios televisivos y radiales para dar a conocer los peligros asociados a estos fenómenos. En caso de los decisores, el uso del correo es la única vía. El empleo de las nuevas tecnologías y la ampliación en el país de la navegación en internet, hacen más eficiente y rápido, el uso del Sistema web GISAT, ante eventos extremos.

El GISAT, único en el país, potencia el monitoreo de fenómenos de larga duración como pueden ser sequías meteorológicas e hidrológica, incendios forestales, entre otros fenómenos, que llevan largo periodos de vigilancia, y medidas constantes de adaptación y mitigación ante sus efectos. El GISAT, está diseñado de forma modular, permitiendo su escalabilidad ante nuevas Alertas Temprana. Aunque no se concretó el envío de las alertas a los dispositivos móviles, por problemas de costos en el uso de estas tecnologías, siendo el emisor el que paga, el módulo se encuentra desarrollado, por tal motivo este resultado se puede validar en una segunda fase del proyecto que dio origen a este Sistema.

Referencias

- Acosta, M. (2013). Sistemas de Alerta Temprana (SAT) para la Reducción del Riesgo de Inundaciones Súbitas y Fenómenos Atmosféricos en el Área Metropolitana de Barranquilla. *Scientia et Technica*, 18(2). 303-308. (Versión pdf).
- Boudet, D. (2015). *Impacto del Cambio Climático en Cuba*. [Taller regional sobre adaptación al cambio climático]. Recuperado de Dagne_Boudet-Impactos_del_Cambio_Climatico-Cuba.pdf
- Cabrera, J. A., Morales, M., Alcántara, J., Correa, I., Pérez, R. & Moya, B. V. (2012). Los riesgos litorales en el contexto del manejo integrado costero. En, J. Alcántara-Carrió, I. Montoya e I. D. Correa (Ed.) *Métodos en telede-tección aplicada a la prevención de riesgos naturales en el litoral* (415-438). Madrid: CYTED.
- CDKN (Climate and Development Knowledge Network). (2014). *The IPCC's Fifth Assessment Report. What's in it for Small Island Developing States?* Disponible en odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9146.pdf. Consultado julio de 2018.
- Clark, J. R. (1997). Coastal zone management for the new century. *Ocean & Coastal Management*, 37(2). 191-216. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(97\)00052-5](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(97)00052-5)
- CITMA. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (2017). CITMA. Disponible en <http://www.citma.gob.cu>
- Dávila, A. D. (2015). Sistemas de Alerta Temprana para inundaciones (SAT): Experiencias en América Latina. *Apuntes de Investigación*, 5, 1-13. Recuperado de solucionespracticas.org.pe/Descargar/1373816/4123984
- Granado, S. Stewart, A. Borbor, M., Franco, C., Tauzer, E. & Romero, M. (2016). *Sistemas de Alerta Temprana para Inundaciones: Análisis Comparativo de Tres Países Latinoamericanos*. [Serie Documentos de Trabajo sobre Desarrollo 03/2016]. Disponible en www.inesad.edu.bo/pdf/wp2016/wp03_2016.pdf
- González A. y Feitó, R. (1997). Obras costeras contra la intrusión salina para el beneficio de los recursos explotables de una cuenca subterránea. En, D. M. Arellano, M. A. Gómez Martín, I. (Eds.), *Investigaciones hidrogeológicas en Cuba*. (115-123). Bilbao: Antigüedad.
- Herrera L. (agosto 27, 2018). Forsat: un proyecto para salvar vidas. *Escambray*. [Online]. Disponible en www.escambray.cu/2017/forsat-un-proyecto-para-salvar-vidas
- Helvetas Swiss Intercooperation. (2014). Proyectos supramunicipales concertados y concurrentes. *Guía para la conformación de Sistemas Municipales de Alerta Temprana*. La paz: Cooperación Suiza en Bolivia.

- IPCC. (2007). *Fourth Assessment Report*. [Synthesis Report]. Geneva: WMO. UNEP. www.ipcc.ch/
- Iturralde-Vinent, M. y Serrano, H. (Ed.) (2016). *Peligros y vulnerabilidades de la zona marino costera de Cuba: Estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta el 2100*. La Habana: Academia.
- IFRC. (2017). Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de Media Luna Roja. *Sequías*. Disponible en [www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/sequías](http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/sequias)
- IPCC. (2014). *Working Group, I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. [Summary for Policymakers]. New York: Cambridge University Press.
- Mitrani, I., Moreno, A. y Padilla, O. (1985): Estudio de la capa activa oceánica en la región noroccidental del mar Caribe durante los meses de septiembre y octubre de 1981. *Tropicheskaya Meteorologiya*, 181. 186-192.
- Milanés, C. (2014). La gestión de riesgos costeros como paradigma ante los desastres. En, Instituto de Estudios del Ministerio Público de Bogotá, Colombia (IEMP) [Boletín informativo]. (12-15). Bogotá, D.C.: Procuraduría General de la Nación. Innova.
- Milanés, C., Pérez, O., Milanés, V., Poveda, I. y Infante Y. (2015). La ciencia, la gestión empresarial y el manejo integrado de zonas costeras en función de la gestión del riesgo costero. Sección III. En, C. Botero y C. Milanés (Ed.). *Aportes para la gobernanza marino-costera. Gestión del riesgo, gobernabilidad y distritos costeros*. (455-471). Bogotá, D.C.: Fondo de publicaciones de la Universidad Sergio Arboleda.
- Milanés, C., Brito, A., Candebat, D. y Beatón, P. (2015). La gestión del riesgo costero en la provincia de Santiago de Cuba. Sección III. En, C. Botero y C. Milanés (Edtrs). *Aportes para la gobernanza marino-costera. Gestión del riesgo, gobernabilidad y distritos costeros*. (473-499). Bogotá, D.C.: Fondo de publicaciones de la Universidad Sergio Arboleda.
- Milanés, C., Candebat, D., Milanés, V. y Pérez, O. (2015). Algunas experiencias en la práctica de la gestión del riesgo en Santiago de Cuba. Sección III. En, C. Botero y C. Milanés (Ed.). *Aportes para la gobernanza marino-costera. Gestión del riesgo, gobernabilidad y distritos costeros*. (505-536). Bogotá, D.C.: Fondo de publicaciones de la Universidad Sergio Arboleda.
- Moreno, A., Mitrani, I. y Padilla, O. (1985): Características hidrológicas en el mar Caribe Occidental durante la Expedición Cubano-Soviética de 1981. *Tropicheskaya Meteorologiya*, 191. 196-205.
- Ocharan, J. (2007). Sistemas de Alerta Temprana. Fotografía actual y retos futuros. *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*. 6. 39-43.

- OEA. (2010). *Manual para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de Sistemas Comunitarios de Alerta Temprana ante inundaciones*. Washington: Organización de Estados Americanos.
- Olsen, S. B., Lowry, K. y Tobey, J. (1999). *Una Guía para Evaluar el Progreso en el Manejo Costero*. Guayaquil: Proarca Ecocostas.
- Pérez, D. (2004). Nuevo enfoque en el tratamiento de la intrusión salina en los acuíferos costeros. En, CUJAE. *Memorias del Primer Taller de expertos en vulnerabilidad de acuíferos costeros en el Caribe insular*. (Octubre 12-15) Ciudad de la Habana. Cuba.
- Planos, E. (2013). *Síntesis informativa sobre impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. La Habana: Basal:
- Planos, E., Guevara, A. V. y Rivero, R. (Ed.). (2013). *Impacto del Cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. La Habana: Instituto de Meteorología. Editorial AMA.
- Ravelo, A. (2017). *Aplicación de telefonía móvil y del sistema de Alertas Tempranas dentro del Manejo Integrado de Zonas Costeras: Sistema SATEMóvil*. (Tesis de Maestría). Universidad de Oriente, Cuba.
- República de Cuba. Presidencia del Consejo de Estado. (8 de agosto de 2000). *Gestión de la Zona Costera*. [Decreto- Ley 212]. Gaceta Oficial de la República de Cuba: 68-2000.